

ISSN 0033-9946

Том 59, Выпуск 2

Апрель - Июнь 2023



РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 59, вып. 2, 2023

СТАТЬИ И СООБЩЕНИЯ

Ресурсы полезных растений и растительных сообществ

Кормовые виды растений, лишайников и грибов оленьих пастбищ в Олюторском районе
Корякского округа (Камчатский край)

В. Ю. Нешатаева, К. И. Скворцов, В. В. Якубов 109

Биология ресурсных видов

Особенности системы размножения *Thymus mongolicus* (Lamiaceae)

Н. И. Гордеева, Е. Б. Таловская 129

Морфометрические параметры особей и продуктивность *Plantago maxima* (Plantaginaceae)
на юге Сибири (Республика Хакасия)

А. В. Пименов, С. П. Ефремов, Т. С. Седельникова 137

Влияние сухого хранения на прорастание семян *Ephedra monosperma* (Ephedraceae)

С. З. Борисова 145

Компонентный состав ресурсных видов

Сравнительный анализ компонентного состава цветков некоторых представителей
рода *Syringa* (Oleaceae)

К. А. Пупыкина, Н. В. Полякова, Н. В. Кудашкина, Е. В. Красюк 152

Изменение индивидуально-группового состава полифенолов в листьях
Lonicera caerulea и *Spiraea chamaedryfolia* в связи с элементным составом
почв и растений на ультраосновных породах

И. Г. Боярских, В. А. Костинова 164

Антропогенное воздействие на растительные ресурсы

Влияние условий урбанизированной среды на эколого-фитохимические особенности
цветков *Crataegus fallacina* (Rosaceae) (на примере Донбасса)

Н. А. Виноградова, А. З. Глухов 180

Оценка общего минерального комплекса сырья десяти видов лекарственных растений
в придорожных биотопах (Воронежская область)

Н. А. Дьякова 189

Структура напочвенного покрова и естественного возобновления древесных пород
в экотонном комплексе “спелый сосняк черничный—вырубка”
в подзоне средней тайги

Н. В. Геникова, С. А. Мошников, Д. В. Тесля 198

Contents

Vol. 59, issue 2, 2023

ARTICLES AND COMMUNICATIONS Resources of Useful Plants and Plant Communities

Plant, Lichen and Fungi Forage Species of Reindeer Pastures in the Olyutorsky District of the Koryak Region (Kamchatka Territory)

V. Yu. Neshataeva, K. I. Skvortsov, V. V. Yakubov

109

Biology of Resource Species

Breeding System of *Thymus mongolicus* (Lamiaceae)

N. I. Gordeeva, E. B. Talovskaya

129

Individual Morphometric Characters and Productivity of *Plantago maxima* (Plantaginaceae) in the South Siberia (Republic of Khakassia)

A. V. Pimenov, S. P. Efremov, T. S. Sedel'nikova

137

Effect of Dry Storage on Seed Germination of *Ephedra monosperma* (Ephedraceae)

S. Z. Borisova

145

Component Composition of Resource Species

Comparative Analysis of the Component Composition of Flowers in Some Species of the Genus *Syringa* (Oleaceae)

K. A. Pupykina, N. V. Polyakova, N. V. Kudashkina, E. V. Krasnyuk

152

Changes in the Individual and Group Composition of Polyphenols in Leaves of *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* and *Spiraea chamaedryfolia* as Related to the Chemical Elements Content in Soil and Plants on the Ultra-Alkaline Parent Rock Material

I. G. Boyarskykh, V. A. Kostikova

164

Anthropogenic Effect on Plant Resources

Effect of Urban Environment on Ecological and Phytochemical Features of *Crataegus fallacina* (Rosaceae) Flowers (the Case of the Donbass)

N. A. Vinogradova, A. Z. Glukhov

180

Assessment of Total Mineral Content in Raw Materials of Ten Medicinal Plants from Roadside Biotopes (Voronezh Region)

N. A. Dyakova

189

Structure of the Ground Vegetation and Natural Regeneration of Tree Species in a 12–15-Year-Old Bilberry Pine Forest–Clear-Cut Ecotone Complex in the Middle Taiga Subzone

N. V. Genikova, S. A. Moshnikov, D. V. Teslya

198

СТАТЬИ И СООБЩЕНИЯ
РЕСУРСЫ ПОЛЕЗНЫХ РАСТЕНИЙ
И РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

КОРМОВЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ, ЛИШАЙНИКОВ И ГРИБОВ
ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ В ОЛЮТОРСКОМ РАЙОНЕ КОРЯКСКОГО ОКРУГА
(КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)

© 2023 г. В. Ю. Нешатаева¹ *, К. И. Скворцов¹, В. В. Якубов²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

*e-mail: vneshatayeva@binran.ru

Поступила в редакцию 24.03.2023 г.

После доработки 25.03.2023 г.

Принята к публикации 11.04.2023 г.

Впервые приводится список кормовых видов растений, лишайников и грибов оленьих пастбищ Олюторского р-на Корякского округа. В результате проведенных исследований выявлено 235 видов кормовых растений северного оленя (*Rangifer tarandus* L.), относящихся к 37 семействам и 105 родам, 37 видов кормовых лишайников и 7 родов шляпочных грибов. Основной группой кормовых лишайников северного оленя в Корякском округе являются ягели (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda, *C. rangiferina* (L.) F. H. Wigg., *C. arbuscula* (Wallr.) Flot. s.l., *C. mitis* Sandst., *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt et Thell и др.); основными группами кормовых растений — кустарниковые ивы (*Salix pulchra* Cham., *S. alaxensis* Cov., *S. krylovii* E. Wolf, *S. saxatilis* Turcz. ex Ledeb., *S. arctica* Pall. и др.), карликовые березки (*Betula exilis* Sukacz., *B. middendorffii* Trautv. et Mey.), злаки (*Arctophila fulva* (Trin.) Anderss., *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. s. l., *Poa* L. spp., *Festuca* L. spp. и др.), осоки (*Carex lugens* H.T. Holm., *C. globularis* L., *C. appendiculata* (Trautv. et C.A. Mey.) Kük., *C. lyngbyei* Hornem. subsp. *cryptocarpa* (C.A. Mey.) Hultén, *C. rhynchophysa* C.A. Mey. и др.), пушицы (*Eriophorum vaginatum* L., *E. polystachyon* L., *E. russeolum* Fries, *E. scheuchzeri* Hoppe), хвощи (*Equisetum* L. spp.), виды разнотравья (семейств Fabaceae, Asteraceae, Polygonaceae и др.). Для каждого вида указаны семейство, жизненная форма, поедаемые части растений и сезоны стравливания. Обсуждаются региональные особенности оленьих пастбищ севера Корякского округа; отмечены пищевые предпочтения оленей чукотской породы.

Ключевые слова: олени пастбища, главные кормовые виды, Корякский округ, Камчатский край

DOI: 10.31857/S0033994623020085, **EDN:** ZNFTOM

Изучение флористического и ценотического разнообразия растительного покрова оленьих пастбищ севера Корякского округа представляет значительный интерес как основа для оценки современного состояния кормовой базы оленеводства. Оленеводство — традиционный уклад жизни коренного населения и важная отрасль народного хозяйства Корякии [1]. На них основаны национальная культура и благосостояние коряков, эвенов, чукчей [2]. Олени пастбища — природные воспроизводимые растительные ресурсы, не используемые в других сферах хозяйственной деятельности.

В 1940 г. в Корякском округе насчитывалось 115 тыс. домашних северных оленей. Совершенствование приемов ведения оленеводства и методов пастбищеоборота позволило к началу 1990-х гг. удвоить выход оленеводческой продукции [3]. К 1991 г. поголовье оленей в Корякии возросло до 150 тыс. голов. Но с началом реформ государ-

ственная поддержка оленеводства прекратилась, что привело к резкому падению численности домашних оленей на Северо-Востоке Российской Федерации [4]. Так, в 2012 г. во всем Камчатском крае имелось лишь 38 тыс. голов домашних оленей [5]. В последние годы численность домашних оленей в Корякии возрастает. В настоящее время число оленей, выпасаемых в Корякском округе оленеводческими предприятиями (ГУП ПО “Камчатоленпром”, ООО “Оленевод”), фермерами и родовыми общинами малых народов Севера составляет около 52 тыс. голов, поэтому возрастает потребность в продуктивных пастбищных угодьях.

Первое обследование оленьих пастбищ севера Корякского округа было проведено в 1932 г. и дало возможность предположить, что естественная кормовая база позволит обеспечить до 1150 тыс. голов оленей [6]. Оленеемкость пастбищ Олюторского р-на оценивалась в 250 тыс. голов, Пенжинского р-на — 900 тыс. голов [6: 157]. Однако,

по данным В.Н. Андреева [7], эти цифры были значительно завышены, так как были получены с использованием ошибочных исходных нормативов, рассчитанных по методу Пальмера [7]. По материалам других исследователей, предельная оленеёмкость севера Корякского округа составляет около 200–220 тыс. голов [8]. По оценкам государственных землеустроительных экспедиций 1980-х гг., пастбищные угодья Северной Корьяки позволяли содержать летом до 400 тыс. оленей, зимой — не более 200 тыс. голов, в связи с ограниченным количеством зимних пастбищ. Последнее специальное землеустройство и картирование оленьих пастбищ Корякского АО было проведено в 1970-х гг. экспедициями Министерства сельского хозяйства РСФСР. В 1976 г. Камчатским филиалом Института “Дальгипрозем” Госагропрома РСФСР была составлена карта оленьих пастбищ, на которой показано распределение пастбищ на севере Корякского АО на тот период. Эти данные нуждаются в обновлении и уточнении, так как площади кормовых угодий, их состав и продуктивность за прошедшие 45 лет, несомненно, изменились.

Учет и рациональное использование кормовых ресурсов оленьих пастбищ имеют важное экономическое и социальное значение для тундровых и лесотундровых районов Северо-Востока РФ. Однако состояние кормовой базы оленеводства на севере Корякского округа в настоящее время не отвечает существующим требованиям, так как олени пастбища округа остаются недостаточно изученными. Последнее их устройство проводилось в 1970-х гг. экспедициями Министерства сельского хозяйства РСФСР.

Хозяйственное освоение территории округа неизбежно влияет на состояние кормовой базы оленеводства. В последние годы Корякский округ испытывает возрастающую антропогенную нагрузку в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых, строительством горнодобывающих предприятий, карьеров, рудников, их инфраструктуры, прокладкой автодорог и вездеходных дорог. Площади зимних лишайниковых пастбищ (ягельников), неуклонно сокращаются, вследствие нарушений растительного покрова, вызванных пожарами, механическим воздействием гусеничного транспорта, развитием горнодобывающей промышленности.

Информацию о состоянии оленьих пастбищ Корякского округа невозможно получить без тщательного изучения растительного покрова. Важнейшим условием для ведения рационального пастбищеоборота являются сведения о составе кормовых видов растений, лишайников и грибов, их запасах, кормовой ценности, сезонности использования [9]. При разработке хозяйственной типологии оленьих пастбищ на первом этапе сле-

дует выявить видовой состав кормовых растений и составить таблицу поедаемых видов; на необходимость этой работы указывал еще Б.Н. Горюшков [10].

По имеющимся данным, количество сосудистых растений и лишайников, поедаемых северным оленем (домашним и диким), составляет около 600 видов [11]. В число кормовых растений домашнего северного оленя входит около 440 видов сосудистых растений, что значительно больше, чем у дикого северного оленя (120 видов) [12]. А.Н. Сегаль [13] подразделял кормовые растения на три группы: постоянно поедаемые, хорошо поедаемые, но редкие, и малораспространенные, не имеющие кормовой ценности. По данным В.И. Мосолова и В.И. Филя [14], в составе кормовых растений дикого северного оленя Камчатки отмечено 152 вида, из них активно поедаемых — 72. Большинство из них встречается также и на севере Корякского округа.

В оленеводческих хозяйствах Корякского округа разводят чукотскую породу северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) — “харгин”, которая отличается высокой продуктивностью, скороспелостью, инстинктом стадности, меньшей подвижностью на пастбищах [18, 19]. Масса взрослых самцов достигает 130–140 кг, самок — 93–96 кг. По сравнению с другими породами северных оленей, харгин более массивен, с широкой грудью и короткими ногами; обладает высокой скоростью роста и способностью к наживке [20]. Чукотский олень проявляет высокую разборчивость в выборе видов кормов. Особенности его питания — способность усваивать лишайники, поедание больших объемов зеленых кормов, свежих и сухих (ветошных); значительное потребление веточных кормов. Корма северного оленя подразделяются на несколько фракций: зеленые корма, ветошные корма, лишайники, грибы. Кроме того, в рацион его питания в небольших количествах также входят животные корма: лемминги, полевки, птенцы и яйца птиц и др. [12, 21].

В течение календарного года различают шесть сезонов содержания и кормления оленей (табл. 1) и шесть хозяйственных групп типов пастбищ, отличающихся по сезонам использования: ранневесенние, поздневесенние, летние, раннеосенние, позднеосенние и зимние пастбища. Олени пастбища севера Корякского округа подразделяются на три группы типов, отличающихся по ботаническому составу и сезонности выпаса: 1) лишайниковые зимние пастбища; 2) кустарниковые пастбища, используемые для летнего и раннеосеннего выпаса; 3) травяные и кустарничково-травяные летние пастбища. Нами выделено 17 хозяйственных типов пастбищ [22].

Зимний период — морозное время года с устойчивым снежным покровом, длится 4–5 мес. (с но-

Таблица 1. Продолжительность пастбищных сезонов на Северо-Востоке России
Table 1. Duration of pasture seasons in the North-East of Russia

№	Пастбищный сезон Pasture season	Период* Period*		Продолжительность (дней) Duration (days)
		начало beginning	окончание ending	
1	Зимний Winter	7–21 XI	10–24 IV	146–169
2	Ранневесенний Early-spring	11–25 IV	24 V–5 VI	35–52
3	Поздневесенний Late-spring	25 V–6 VI	20–30 VI	20–31
4	Летний Summer	21 VI–1 VII	15–31 VIII	55–67
5	Раннеосенний Early-autumn	16 VIII–1 IX	20 IX–15 X	36–46
6	Позднеосенний Late-autumn	21 IX–16 X	6–20 XI	35–41

Примечание. * – указаны среднееголетние даты для северных районов Магаданской обл. и Якутии.
 Note. * – the average annual dates for the Northern areas of the Magadan Region and Yakutia are indicated.

ября по апрель); оленей выпасают на зимних пастбищах – ягельниках. Основным кормом являются кустистые лишайники родов *Cladonia*, *Cetraria*, *Flavocetraria* (80–90% рациона). Зимой северный олень съедает в сутки 3–4 кг воздушно-сухого корма.

Ранневесенний период – первая половина весны, таяние снега, время массового отела. Ранневесенние пастбища используют в апреле–мае; основным кормом остается ягель, его доля в питании оленей до 50–60%. По мере прогревания почвы появляются пушицы и осоки.

Поздневесенний период – вторая половина весны, появление молодой зелени. В июне питание становится смешанным, при постоянном увеличении доли зеленых кормов; до появления массового гнуса оленей выпасают на осоково-пушицевых кочкарниках. Весной на одного оленя требуется не менее 5–8 га пастбищ [11].

Летний период – время массовой вегетации и цветения, длится до первых заморозков. Оленей пасут на травяных и кустарниковых пастбищах в широких долинах и поймах рек, на речных островах. Основные летние корма – листья кустарниковых ив и карликовых берез, разнотравье, злаки и осоки. Олень съедает в сутки 18–23 кг зеленой массы, что составляет 4.0–4.5 кг в воздушно-сухом весе [23]. Летом олени кормятся до 15 ч в сутки и проходят до 15–20 км в день.

Раннеосенний период – первая половина осени, до постоянных заморозков, в это время много грибов; основным кормом остаются зеленые растения, а пастбищами – речные отмели, межгор-

ные долины. Кормовое значение имеют опавшие листья чозении и кустарниковых ив, долгое время сохраняющиеся в зеленом состоянии.

Позднеосенний период – с начала сильных заморозков до формирования снежного покрова и замерзания водоемов, когда свежих зеленых кормов уже нет. Пастбищами являются болота, приозерные котловины, нивальные луговины в горах. Поздней осенью олени поедают хвощи, сухую траву, опавшие листья и постепенно переходят на зимнее питание ягелем [24].

Целью настоящей работы является выявление видового состава кормовых растений, лишайников и грибов оленьих пастбищ Олюторского р-на Корякского округа и их краткая характеристика.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Территория Олюторского района расположена в южной части Корякского нагорья; представляет собой систему горных хребтов и межгорных долин и впадин, ориентированных с юга-запада на северо-восток. Абсолютные высоты от 500–700 до 1200–1700 м над ур. моря. Высшая точка – гора Ледяная (2453 м). Горные хребты (Ветвейский, Пылгинский, Олюторский) разделены широкими (до 20 км и более) долинами рек Вывенки, Пылговаяма, Пахачи, Апукваяма. В нижнем и среднем течении рек их долины, как правило, заболочены, в верхнем течении – дренированы [15].

Климат в разных частях района неодинаков, что объясняется расчлененным горным рельефом, перераспределяющим морские воздушные мас-

сы. Районы исследований относятся к двум климатическим районам двух подобластей Камчатской климатической области [16]. Климат района Северо-восточного побережья Восточной приморской подобласти отличается холодным избыточно влажным морским климатом, связанным с циклонической деятельностью воздушных масс Берингова моря. Годовая сумма эффективных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) около $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Годовые суммы осадков $600\text{--}700\text{ мм}$. Зима продолжительная (190 дней), холодная: средняя температура февраля $-14\text{...}-16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зимние суммы осадков $350\text{--}400\text{ мм}$; высота снежного покрова $1.0\text{--}1.5\text{ м}$. Лето короткое (июль–август), прохладное: средняя температура августа $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Летние суммы осадков не превышают 200 мм . Преобладают северные ветры, часты туманы и низкая облачность. Климат района Корякского нагорья Северной подобласти умеренно-континентальный, формируется под влиянием циклонов азиатского арктического фронта. Продолжительность зимнего периода – до 230 дней. Средняя температура января и февраля $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вегетационный период не превышает 100 дней. Характерны высокая влажность воздуха, частая облачность и низкие температуры [16]. Районы исследований находятся в области распространения многолетней мерзлоты.

По геоботаническому районированию территория Олюторского р-на относится к Корякской горной провинции крупных стлаников и кустарников Берингийской кустарниковой лесотундровой области [17]. Исследования проведены в пределах трех геоботанических округов: Олюторского горно-приморского, Пылгинского горно-приморского и Ветвейского среднегорного. Зональная растительность представлена сообществами кедрового (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) и ольхового (*Alnus fruticosa* Rupr. s.l.) стлаников и березки Миддендорфа (*Betula middendorffii* Trautv. et Mey.). На высоких надпойменных террасах распространены ерниковые тундры с преобладанием березки тощей (*Betula exilis* Sukacz.), являющиеся хорошими летними пастбищами. На равнинах развиты осоково-пушицевые (*Carex lugens* Н.Т. Holm., *C. globularis* L., *Eriophorum vaginatum* L.) кочкарники, используемые как ранневесенние и осенние пастбища. Леса, встречающиеся в поймах рек, представлены тополевыми (*Populus suaveolens* Fisch.), чозенниками (*Chosenia arbutifolia* (Pall.) A.K. Skvortsov), ивняками (*Salix udensis* Trautv. et Mey., *S. schwerinii* E. Wolf.) и ольшаниками (*Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr.). В приморских районах и на вдающихся в море полуостровах лесную растительность сменяют сообщества кустарниковых ив (*Salix pulchra* Cham., *S. alaxensis* Cov. и др.). На морском побережье распространены приморские луга и осоковые марши, являющиеся ценными летними и раннеосенними пастбищами.

На юго-восточных склонах горных хребтов на высотах $170\text{--}300\text{ м}$ над ур. моря встречаются каменноберезовые (*Betula ermanii* Cham.) рощи. До $500\text{--}600\text{ м}$ распространены сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila*) в сочетании с кустарничковыми (*Vaccinium uliginosum* L., *V. vitis-idaea* L. s. l., *Ledum decumbens* (L.) Desv., *Empetrum nigrum* L.) и ягельными (*Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. s.l., *C. rangiferina* (L.) F.H. Wigg., *C. stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda и др.) тундрами, последние являются ценными зимними пастбищами. Выше $500\text{--}600\text{ м}$ распространены кустарничково-лишайниковые горные тундры. На пологих склонах и платообразных вершинах хребтов преобладают алекториевые (*Alectoria ochroleuca* (Hoffm.) A. Massal.) и бриокаулевые (*Bryocaulon divergens* (Ach.) Kärnefelt) горные тундры с участием кустарничков. Крутые склоны и гребни заняты каменистыми осыпями с несомкнутыми группировками петрофитов и эпилитных лишайников, не имеющих кормовой ценности.

Список кормовых растений, лишайников и грибов Олюторского района составлен нами на основе материалов флористических и геоботанических исследований 2021–2022 гг., полевых наблюдений за сравнением растений на оленьих пастбищах, опросов оленеводов и анализа литературы [14, 23, 25–31 и др.]. В работе использовали данные по видовому составу растительных сообществ оленьих пастбищ из 112 геоботанических описаний, выполненных авторами на территории Олюторского района Камчатского края. Ключевые участки (рис. 1) закладывали в долинах рр. Вывенка (в среднем и верхнем течении), Пылговаям, Пахача и нижнем течении р. Апука, на Олюторском п-ове (долина р. Ягольваям и окрестности оз. Тюлень), где производится выпас оленей. При маршрутном обследовании ключевых участков выявили типы пастбищ, отличающихся по составу доминирующих экобиоморф: 1) лишайниковые пастбища (ягельники, горные лишайниковые тундры); 2) травяные пастбища (осочники, злаковники, разнотравные луга); 3) кустарниковые пастбища (ивняки, ерники). Геоботанические описания выполняли на пробных площадях размерами $10 \times 10\text{ м}$; выявляли полный видовой состав сообществ, проективное покрытие видов (в процентах), среднюю высоту и фенофазу растений [32].

Следуя методическим рекомендациям В.Б. Куваева и В.П. Самарина [29], кормовые виды мы подразделили на 9 групп, в зависимости от сезонности скармливания: 1) круглогодичного скармливания; 2) бесснежного периода; 3) весенние; 4) весенне-летние; 5) летние; 6) летне-осенние; 7) переходных сезонов; 8) осенне-зимние; 9) осенне-зимне-весенние. Принадлежность вида к сезонной группе определяется его фенологией и поедаемостью в определенное время года. Так, у березки тощей (*B. exilis*) весной олени поедают почки и молодые

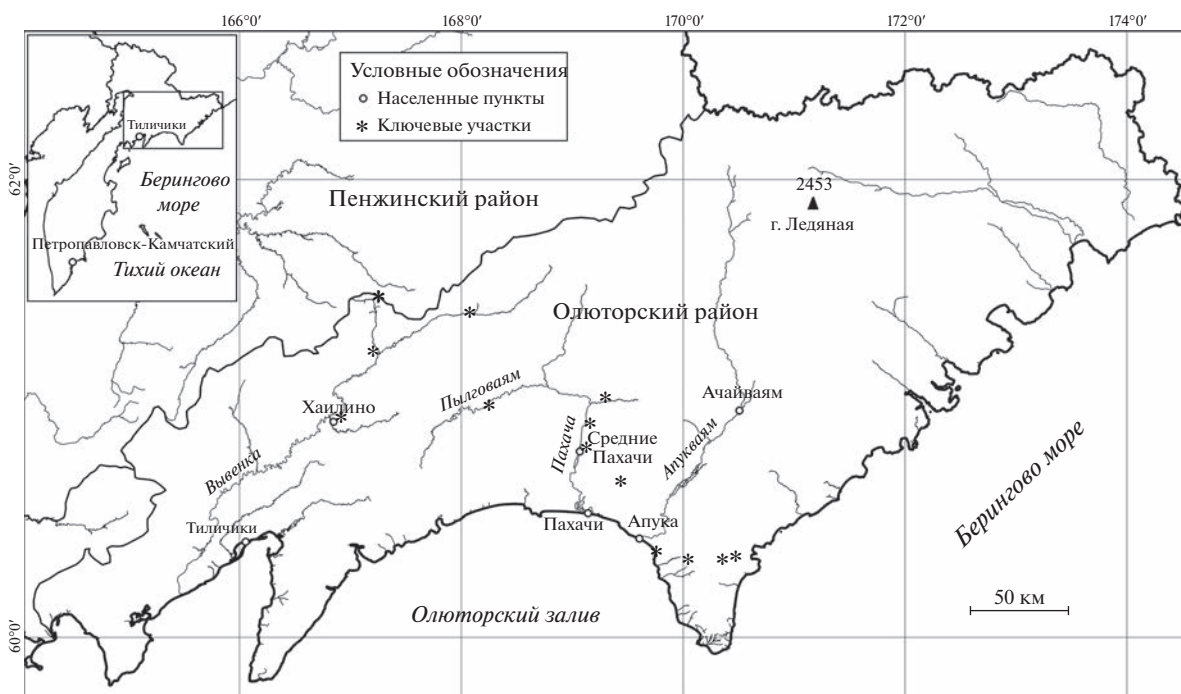


Рис. 1. Карта-схема ключевых участков в Олюторском районе.
Fig. 1. Map of the key research areas in the Olyutorsky District.

листья; но с середины лета огрубевшие листья едят довольно слабо, из-за развития пахучих железок. Поэтому березка тощая отнесена к весенне-летним кормам (группа 4). Пушица влагалищная (*E. vaginatum*) является важнейшим весенним кормом, однако в Корякском округе она хорошо поедается также в осенний и зимний сезоны, поэтому она отнесена к осенне-зимне-весенним кормам (группа 9). Излюбленным кормом оленей являются шляпочные грибы, но их плодовые тела массово появляются только летом и ранней осенью, поэтому грибы относятся к летне-осенним кормам (группа 6).

Названия видов сосудистых растений приводили по сводке “Сосудистые растения Советского Дальнего Востока” [33]; лишайников — по Andreev et al. [34]; грибов — по “Index Fungorum” [35]. Жизненные формы сосудистых растений приведены по Т.Г. Полозовой [36].

В соответствии с рекомендованной методикой [37], оценка степени поедаемости приводится по пятибалльной шкале: 5 — отлично поедаемые виды; 4 — хорошо поедаемые; 3 — удовлетворительно поедаемые; 2 — поедание ниже удовлетворительного; 1 — плохо (изредка) поедаемые виды. Для характеристики поедаемости различных органов растений использованы следующие обозначения: Р — олени поедают растение целиком (у лишайников поедают живую часть слоевища (таллома), как правило, частично, а не целиком); К — поедают корни, корневища, клубни, луковицы и дру-

гие подземные органы; С — поедают стебли; Л — листья; Ц — цветки; П — плоды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 2 приведен список кормовых растений, лишайников и грибов оленьих пастбищ. Виды в таблице расположены по семействам в алфавитном порядке. Для каждого вида указаны: латинское и русское названия, семейство, жизненная форма, сезонная группа, характер поедаемости.

В результате проведенных исследований выявлено 235 видов кормовых сосудистых растений северного оленя, относящихся к 37 семействам и 105 родам, 37 видов лишайников и 7 родов шляпочных грибов, что на 48 видов превышает список кормовых растений и лишайников Магаданской обл.: 202 вида сосудистых растений и 22 вида лишайников [31].

Среди сосудистых растений ведущими по числу видов являются семейства Rosaceae (39 видов — 16.6%), Cyperaceae (31 вид — 13.2%), Rosaceae (20 видов — 8.5%), Asteraceae и Salicaceae (по 19 видов — 8.1%), в целом составляющие больше половины кормовых видов сосудистых растений (128 видов — 54.4%). Ведущими по числу видов являются роды *Carex* (24 видов — 10.2%), *Salix* (18 видов — 7.7%), *Poa* (8 видов — 3.4%), *Pedicularis* (7 видов — 3.0%), *Equisetum* (7 видов — 3.0%), в сумме составляющие 27.2% (64 вида) видового разнообразия кормовых сосудистых растений.

Таблица 2. Кормовые растения, лишайники и грибы оленьих пастбищ Олюторского района
Table 2. Forage plants, lichens and fungi of reindeer pastures of the Olyutorsky District

Nº	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ (VASCULAR PLANTS)							
1	<i>Angelica genuflexa</i> Nutt. ex Torr. et Gray	Дудник колечатосопнутый	Ariaceae	М-М	4	Р	Л
2	<i>A. gmelinii</i> (DC.) M. Pimen.	Д. Гмелина	»	М-М	4	Р	Л
3	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Купырь лесной	»	М-М	3	Р	Л
4	<i>Cicuta virosa</i> L.	Вех ядовитый	»	Т-КК	1	Ц, Л	Л
5	<i>Ligusticum scoticum</i> L.	Лигустикум шотландский	»	Т-С	4	Р	Л
6	<i>Pachypleurum alpinum</i> Ledeb.	Толстореберник альпийский	»	Т-С	4	Р	Л, О
7	<i>Tilingia ajanensis</i> Regel et Til.	Тилингия аянская	»	Т-С	3	Р	Л, О
8	<i>Smilacina trifolia</i> (L.) Desf.	Смилацина трехлистая	Asparagaceae	Т-ДК	4	Р	Л, О
9	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	Кошачья лапка двудомная	Astergaceae	Т-П	3	Р	В, О (3)
10	<i>Arctanthemum arcticum</i> (L.) Tzvelev	Арктоцвет арктический	»	Т-КК	3	Р	Л
11	<i>Artemisia arctica</i> Less.	Полынь арктическая	»	Т-КК	4	Р	В, Л
12	<i>A. borealis</i> Pall.	П. северная	»	Т-С	3	Р	Л
13	<i>A. opulenta</i> Pamp.	П. пыльная	»	Т-ДК	3	Р	Л
14	<i>A. tilesii</i> Ledeb.	П. Тилезиуса	»	Т-ДК	3	Р	Л
15	<i>Aster sibiricus</i> L.	Астра двудомная	»	Т-ДК	2	Р	В, Л
16	<i>Cacalia hastata</i> L.	Недоселка копьевидная	»	Т-КК	4	Р	Л, О
17	<i>Cirsium kamschaticum</i> Ledeb. ex DC.	Боляк камчатский	»	Т-ДК	3	Л	Л
18	<i>Crepis chrysanthia</i> (Ledeb.) Froel.	Скерда золотистая	»	Т-КК	3	Р	Л
19	<i>Lagedium sibiricum</i> (L.) Sojak	Молокан сибирский (Латук)	»	Т-ДК	3	Р	Л
20	<i>Petasites frigidus</i> (L.) Fries	Белокопытник холодный	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О
21	<i>P. sibiricus</i> (J.F.Gmel.) Dingwall	Б. сибирский	»	Т-ДК	4	Р	В, Л, О
22	<i>Saussurea nuda</i> Ledeb.	Соссюрея голая	»	Т-ДК	4	Р	Л
23	<i>S. oxycodonta</i> Hult.	С. остроzubчатая	»	Т-ДК	4	Р	Л
24	<i>Senecio palustris</i> (L.) Hook.	Крестовник болотный	»	М-М	5	Р	В, Л, О
25	<i>S. pseudoarnica</i> Less.	К. ложноарниковый	»	Т-КК	5	Р	Л, О
26	<i>Solidago spiraeifolia</i> Fisch. ex Herd.	Золотарник тавололистный	»	Т-КК	4	Л	Л
27	<i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC.	Одуванчик рогоносный	»	Т-С	4	Р	В, Л
28	<i>Alnus fruticosa</i> Rupr. s. l.	Ольха кустарниковая, ольховник	Betulaceae	К-Г, К-О	3	Л	В
29	<i>Betula exilis</i> Sukacz.	Березка тощая	»	К-Г, К-П, КЧ-Г	5	Л	В, Л, О
30	<i>B. middendorffii</i> Trautv. et Mey.	Б. Миддендорфа	»	К-Г	5	Л	В, Л, О
31	<i>Mertensia pubescens</i> (Roem. et Schult.) DC.	Мертензия опушенная	Boraginaceae	Т-С	3	Р	Л
32	<i>Barbarea orthoceras</i> Ledeb.	Сурепка пряморогая	Brassicaceae	М-Д	3	Р	Л

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
33	<i>Parrya nudicaulis</i> (L.) Regel	Паррия голостебельная	»	Т-С, Т-КО	4	Р	Л
34	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.	Жерушник болотный	»	М-Д	3	Р	Л, О
35	<i>Linnaea borealis</i> L.	Линнея северная	Caryophyllaceae	КЧ-П	3	Р	В, Л, О (3)
36	<i>Lonicera caerulea</i> L.	Жимолость сизая	»	К-О	3	Л, П	Л, О
37	<i>Cerastium arvense</i> L.	Ясколка полевая	Caryophyllaceae	Т-С, Т-СД	3	Р	Л
38	<i>C. beringianum</i> Cham. et Schlecht.	Я. берингийская	»	Т-С	3	Р	Л
39	<i>C. jenssenense</i> Hult.	Я. енисейская	»	Т-С	3	Р	Л
40	<i>Dianthus repens</i> Willd.	Гвоздика ползучая	»	Т-С	3	Р	Л
41	<i>Honckenya oblongifolia</i> Torr. et Gray	Гонкения продолговатоллиственная	»	Т-ДК	3	Р	Л, О
42	<i>Stellaria crassifolia</i> Ehrh.	Звездчатка толстолистная	»	Т-С	3	Р	Л, О
43	<i>S. radicans</i> L.	З. лучистая	»	Т-С	2	Р	Л
44	<i>Chamaepericlymenum suecicum</i> (L.) Aschers. et Graebn.	Дерен шведский	Comaceae	Т-ДК	3	Р	Л
45	<i>Carex appendiculata</i> (Trautv. et C. A. Mey.) Kük.	Осока придатконосная	Cyperaceae	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
46	<i>C. aquatilis</i> Wahlenb. s. l.	О. водяная	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
47	<i>C. chondrorhiza</i> Ehrh.	О. струнокоренная	»	Т-П	5	Р	В, Л, О (3)
48	<i>C. eleusinoides</i> Turcz. ex Kuth	О. элеузиновидная	»	Т-Д	5	Р	В, Л
49	<i>C. globularis</i> L.	О. круглая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
50	<i>C. gmelinii</i> Hook. et Arn.	О. Гмелина	»	Т-Д	5	Р	В, Л, О (3)
51	<i>C. koraginensis</i> Meinsh.	О. карагинская	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
52	<i>C. kreczetoviczii</i> Egor.	О. Кречетовича	»	Т-Д	5	Р	В, Л
53	<i>C. lachenalii</i> Schkuhr	О. Лашеналия	»	Т-Д	5	Р	В, Л
54	<i>C. lapponica</i> O. Lang	О. лапландская	»	Т-Д	5	Р	В, О (3)
55	<i>C. lugens</i> H.T. Holm.	О. траурная	»	Т-Д	5	Р	В, Л, О (3)
56	<i>C. lyngbyei</i> Hornem. subsp. <i>cryptocarpa</i> (C. A. Mey.) Hultén	О. скрытоплодная	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
57	<i>C. media</i> R. Br.	О. средняя	»	Т-Д	5	Р	В, Л
58	<i>C. pallida</i> C. A. Mey.	О. бледная	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
59	<i>C. rariflora</i> (Wahlenb.) Smith	О. редкоцветковая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
60	<i>C. rhynchochrysa</i> C. A. Mey.	О. вздутоносая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
61	<i>C. rotundata</i> Wahlenb.	О. кругловатая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
62	<i>C. rupestris</i> All.	О. скальная	»	Т-ДК	4	Р	В, Л
63	<i>C. saxatilis</i> L.	О. наскальная	»	Т-Д	4	Р	В, Л
64	<i>C. schmidtii</i> Meinsh.	О. Шмидта	»	Т-ДК	5	Р	В, Л

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
65	<i>C. sordida</i> Heurck et Muell. Arg.	О. грязноватая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
66	<i>C. vaginata</i> Tausch	О. влагилищная	»	Т-ДК	3	Р	В
67	<i>C. vanheurckii</i> Muell. Arg.	О. Ван-Хьюрка	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
68	<i>C. vesicata</i> Meish.	О. пузыреватая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
69	<i>Eriophorum medium</i> Anderss.	Пушица средняя	»	Т-ДК	5	Р	В, О (3)
70	<i>E. polystachyon</i> L.	П. многоколосковая	»	Т-ДК	5	Р	В, О (3)
71	<i>E. russeolum</i> Fries	П. рыжеватая	»	Т-ДК	5	Р	В, О (3)
72	<i>E. scheuchzeri</i> Hoppe	П. Шейхера	»	Т-ДК	5	Р	В, О (3)
73	<i>E. vaginatum</i> L.	П. влагилищная	»	Т-ДК	5	Р	В, О (3)
74	<i>Kobresia myosuroides</i> (Vill.) Fiori et Paol.	Кобрезия мышехвостниковая	»	Т-Д	4	Р	В, Л
75	<i>Trichophorum cespitosum</i> (L.) C. Hartm.	Пухонос дернистый	»	Т-Д	4	Р	В
76	<i>Empetrum nigrum</i> L.	Шикша, водяника черная	Empetraceae	КЧ-Г	3	П	Л, О
77	<i>Equisetum arvense</i> L.	Хвощ полевой	Equisetaceae	Т-ДК	3	Р	О (3)
78	<i>E. fluviale</i> L.	Х. топяной	»	Т-ДК	1	Р	О (3)
79	<i>E. palustre</i> L.	Х. болотный	»	Т-ДК	1	Р	О (3)
80	<i>E. pratense</i> L.	Х. луговой	»	Т-ДК	3	Р	О (3)
81	<i>E. scirpoides</i> Michx.	Х. камышовый	»	Т-ДК	3	Р	О (3)
82	<i>E. sylvaticum</i> L.	Х. лесной	»	Т-ДК	3	Р	О (3)
83	<i>E. variegatum</i> Schleich. ex Web. et Mohr.	Х. пестрый	»	Т-ДК	3	Р	О (3)
84	<i>Arctous alpina</i> (L.) Niedenzu	Арктоус альпийский	Ericaceae	КЧ-П	3	Р	Л
85	<i>Rhododendron camtschaticum</i> Pall.	Рододендрон камчатский	»	КЧ-П	2	Л	Л
86	<i>Asragalus alpinus</i> L.	Астрагал альпийский	Fabaceae	Т-ДК	5	Р	В, Л
87	<i>A. frigidus</i> (L.) A. Gray	А. холодный	»	Т-СД	5	Р	В, Л
88	<i>A. schelichowii</i> Turcz.	А. Шелихова	»	Т-СД	5	Р	В, Л
89	<i>Hedysarum hedyaroides</i> (L.) Schinz. et Thell.	Копеечник копеечниковидный	»	Т-СД	5	Р	Л
90	<i>Lathyrus japonicus</i> Willd.	Чина японская	»	Т-ДК	5	Р	Л
91	<i>Oxytropis kamtschatica</i> Hult.	Остролодочник камчатский	»	Т-С	5	Р	В, Л
92	<i>O. nigrescens</i> (Pall.) Fisch. ex DC.	О. чернеющий	»	Т-С	5	Р	В, Л
93	<i>Geranium erianthum</i> DC.	Герань пушистоцветковая	Geraniaceae	Т-КК	3	Р	Л
94	<i>Ribes triste</i> Pall.	Смородина печальная	Grossulariaceae	К-Г	2	Л	Л, О
95	<i>Hippuris vulgaris</i> L.	Хвостник обыкновенный	Hippuridaceae	Т-ДК	4	Р	В, Л, О (3)
96	<i>Iris setosa</i> Pall. ex Link	Касатик щетинистый	Iridaceae	Т-КК	5	Р	В, Л
97	<i>Juncus arcticus</i> Willd.	Ситник арктический	Juncaceae	Т-ДК	3	Р	Л, О

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
98	<i>J. beringensis</i> Buchenau	С. берингийский	»	Т-ДК	3	Р	В, Л, О
99	<i>J. brachycephalus</i> Maxim.	С. короткоприцветниковый	»	Т-ДК	3	Р	Л, О
100	<i>J. castaneus</i> Smith s. l.	С. каштановый	»	Т-ДК	3	Р	В, Л, О
101	<i>J. filiformis</i> L.	С. нитевидный	»	Т-ДК	2	Р	В, Л, О (3)
102	<i>J. haenkei</i> E. Mey.	С. Хенка	»	Т-ДК	3	Р	В, Л, О (3)
103	<i>Luzula arcuata</i> (Wahlenb.) Sw. s. l.	Ожика изогнутая	»	Т-Д	3	Р	В, Л
104	<i>L. multiflora</i> (Ehrh. ex Retz.) Lej. s. l.	О. многоцветковая	»	Т-Д	3	Р	В, Л, О (3)
105	<i>L. parviflora</i> (Ehrh.) Desv.	О. мелкоцветковая	»	Т-ДК	3	Р	Л
106	<i>L. rufescens</i> Fisch. ex E. Mey.	О. рыжеватая	»	Т-ДК	3	Р	Л
107	<i>L. wahlenbergii</i> Rupr.	О. Валенберга	»	Т-Д	4	Р	В, Л
108	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Лук скорода	Liliaceae	Т-КК	3	Р	Л
109	<i>Veratrum oxysperatum</i> Turcz.	Чемерица острокольная	»	Т-КК	4	Л	В, Л
110	<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	Вахта трехлистная	Menyanthaceae	Т-П	5	Р, К	В, Л, О (3)
111	<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	Иван-чай узколистный	Onagraceae	Т-КО	5	Р	Л
112	<i>C. latifolium</i> (L.) Holub	И.-ч. широколистный	»	Т-КО	5	Р	Л
113	<i>Epilobium hornemannii</i> Reichenb.	Кипрей Хорнеманна	»	Т-КК	3	Р	Л
114	<i>E. palustre</i> L.	К. болотный	»	Т-П	3	Р	Л
115	<i>Parnassia kotzebuei</i> Cham. et Schlecht.	Белозор Коцебу	Parnassiaceae	Т-КК	3	Р	Л
116	<i>P. palustris</i> L.	Б. болотный	»	Т-КК	3	Р	Л
117	<i>Agrostis clavata</i> Trin.	Полевика булавовидная	Poaceae	Т-Д	5	Р	В, Л
118	<i>A. kudoii</i> Honda	П. Кудо	»	Т-Д	5	Р	В, Л
119	<i>A. scabra</i> Willd.	П. шероховатая	»	Т-Д	5	Р	В, Л
120	<i>Arctagrostis arundinacea</i> (Trin.) Beal.	Арктополевика тростниковидная	»	Т-Д	5	Р	В, Л
121	<i>A. latifolia</i> (R. Br.) Griseb.	А. широколистная	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
122	<i>Arctophila fulva</i> (Trin.) Anderss.	Северюлюбка рыжеватая	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О (3)
123	<i>Arctopoa eminens</i> (C. Presl) Probat.	Арктомятлик выделяющийся	»	Т-ДК	5	Р	Л
124	<i>Avenula dahurica</i> (Kom.) Holub	Овсец даурский	»	Т-ДК	5	Р	Л
125	<i>Beckmannia syzigachne</i> (Steud.) Fern.	Бекмания восточная	»	Т-Д	5	Р	В, Л
126	<i>Bromopsis pumpehiana</i> (Scribn.) Holub s. l.	Кострец Пампелла	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
127	<i>Calamagrostis arctica</i> Vasey	Вейник арктический	»	Т-Д	4	Р	В, Л, О
128	<i>C. lapponica</i> (Wahlenb.) C. Hartm	В. лапландский	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О
129	<i>C. neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb.	В. незамеченный	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О
130	<i>C. purpurea</i> (Trin.) Trin. s. l.	В. пурпурный	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
131	<i>C. sesquiflora</i> (Trin.) Tzvel.	В. редкоцветковый	»	Т-Д	5	Р	В, Л, О
132	<i>Deschampsia komarovii</i> V. Vassil.	Шучка Комарова	»	Т-П	5	Р	В, О
133	<i>D. sukatschevii</i> (Popl.) Roshev.	Ш. Сукачева	»	Т-ДК	5	Р	В, О
134	<i>Elymus confusus</i> (Roshev.) Tzvel.	Пырейник смешиваемый	»	Т-Д	5	Р	В, Л
135	<i>E. jacutensis</i> (Drob.) Tzvel.	П. якутский	»	Т-Д	5	Р	В, Л
136	<i>E. kronokensis</i> (Kom.) Tzvel.	П. кроноцкий	»	Т-Д	5	Р	В, Л
137	<i>E. macrourus</i> (Turcz.) Tzvel.	П. длинноколосый	»	Т-Д	5	Р	В, Л
138	<i>Festuca altaica</i> Trin.	Овсяница алтайская	»	Т-Д	5	Р	В, Л
139	<i>F. brachyphylla</i> Schult. et Schult. fil.	О. коротколистная	»	Т-Д	5	Р	В, Л
140	<i>F. rubra</i> L.	О. красная	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
141	<i>Hierochloa alpina</i> (Sw.) Roem. et Schult.	Зубровка альпийская	»	Т-Д	4	Р	Л
142	<i>Leymus interior</i> (Hult.) Tzvel.	Волоснец материковый	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
143	<i>L. mollis</i> (Trin.) Hara	В. мягкий	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
144	<i>Phleum alpinum</i> L.	Тимофеевка альпийская	»	Т-Д	5	Р	В, Л
145	<i>Poa arctica</i> R. Br.	Мятлик арктический	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О
146	<i>P. botryoides</i> (Trin. ex Griseb.) Kom.	М. кистевидный	»	Т-Д	5	Р	В, Л
147	<i>P. glauca</i> Vahl	М. сизый	»	Т-Д	5	Р	В, Л
148	<i>P. malacantha</i> Kom.	М. мягкоцветковый	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
149	<i>P. nemoralis</i> L.	М. лубравный	»	Т-Д	5	Р	В, Л
150	<i>P. palustris</i> L.	М. болотный	»	Т-Д	5	Р	В, Л, О
151	<i>P. platyantha</i> Kom.	М. плоскоцветковый	»	Т-ДК	5	Р	В, Л
152	<i>P. pratensis</i> L. s. l. (incl. subsp. <i>alpigena</i> (Blytt) Hiitonen)	Мятлик луговой	»	Т-ДК	5	Р	В, Л, О
153	<i>Puccinellia hauptiana</i> V. Krecz.	Бескильница Гаупта	»	Т-Д	5	Р	Л, О
154	<i>Trisetum sibiricum</i> Rupr. s. l.	Трищетинник сибирский	»	Т-Д	3	Р	В
155	<i>T. spicatum</i> (L.) K. Richt. s. l.	Т. колосистый	»	Т-Д	3	Р	В
156	<i>Polemonium acutiflorum</i> Willd. ex Roem. et. Schult.	Синюха остроцветковая	Polemoniaceae	Т-ДК	4	Р	В, Л
157	<i>P. campanulatum</i> (Th. Fries.) Lindb. fil.	С. колокольчиковая	»	Т-ДК	4	Р	В, Л
158	<i>Aconogonon ocreatum</i> (L.) Hara	Таран ширококрастурбовый	Polygonaceae	Т-СД	3	Р	Л
159	<i>A. tripterocarum</i> (A. Gray) Hara	Т. трехкрылоплодный	»	Т-СД	3	Р	Л
160	<i>Bistorta elliptica</i> (Wild. ex Spreng.) Kom.	Горец эллиптический	»	Т-КК	4	Р	Л
161	<i>B. vivipara</i> (L.) Delarb.	Г. живородящий	»	Т-КК	4	Р	Л
162	<i>Oxyria digyna</i> (L.) Hill	Кисличник двустолбчатый	»	Т-СД, Т-С	4	Р	Л
163	<i>Rumex acetosa</i> L. s. l.	Щавель кислый	»	Т-КК	5	Р	В, Л

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
164	<i>R. aquaticus</i> L.	Щ. водяной	»	Т-КК	4	Р	В, Л
165	<i>R. arcticus</i> Trautv.	Щ. арктический	»	Т-КК	4	Р	В, Л
166	<i>Claytonia acutifolia</i> Pall. ex Schult.	Клейтония остролистная	Portulacaceae	Т-С	5	Р, К	Л
167	<i>C. arctica</i> Adams	К. арктическая	»	Т-С	5	Р, К	Л
168	<i>Pyrola incarnata</i> (DC.) Freyn	Грушанка мясо-красная	Pyrolaceae	КЧ-О	2	Р	О (3)
169	<i>P. minor</i> L.	Г. малая	»	КЧ-О	2	Р	О (3)
170	<i>Caltha arctica</i> R. Br.	Калужница арктическая	Ranunculaceae	Т-П	4	Р	В, Л, О
171	<i>C. palustris</i> L.	К. болотная	»	Т-КК	4	Р	В, Л, О
172	<i>Delphinium brachycentrum</i> Ledeb.	Живокость короткошпорцевая	»	Т-КК	2	Р	Л
173	<i>Ranunculus nivalis</i> L.	Лютик снежный	»	Т-КК	2	Р	В, Л
174	<i>R. propinquus</i> C. A. Mey.	Л. близкий	»	Т-КК	2	Р	В, Л
175	<i>R. repens</i> L.	Л. ползучий	»	Т-П	3	Р	В, Л
176	<i>R. reptans</i> L.	Л. стелющийся	»	Т-П	2	Р	В, Л
177	<i>Thalictrum minus</i> L. s. l.	Василистник малый	»	Т-КК	3	Р	Л, О
178	<i>T. sparsiflorum</i> Turcz. ex Fisch. et Mey.	В. редкоцветковый	»	Т-КК	3	Р	Л, О
179	<i>Aruncus dioicus</i> (Walt.) Fern.	Волжанка двудомная	Rosaceae	Т-КК	5	Р	Л
180	<i>Comarum palustre</i> L.	Сабельник болотный	»	ПКЧ	5	Р, К	В, Л, О
181	<i>Dryas punctata</i> Juz.	Дриада точечная	»	КЧ-П	5	Р	Л
182	<i>Potentilla anserina</i> L. subsp. <i>egedii</i> (Wormsk.) Hiit.	Лапчатка Эгеле	»	Т-П	3	Л	Л
183	<i>P. fragiformis</i> Willd. ex Schlecht.	Л. земляникоподобная	»	Т-С	3	Л	Л
184	<i>P. fruticosa</i> L.	Л. кустарниковая, курильский чай	»	К-О	3	Л	Л, О
185	<i>P. gelida</i> C. A. Mey.	Л. холодная	»	Т-П	3	Р	Л
186	<i>P. hyparctica</i> Malte	Л. гипоарктическая	»	Т-С	3	Р	Л
187	<i>P. nivea</i> L.	Л. снежная	»	Т-С	2	Р	Л
188	<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	Шиповник иглистый	»	К-О	3	Л, П	Л, О
189	<i>R. amblyotis</i> C. A. Mey.	Ш. тупошпоровый	»	К-О	3	Л, П	Л, О
190	<i>Rubus arcticus</i> L.	Княженика арктическая	»	Т-КО	4	Р	Л
191	<i>R. chamaemorus</i> L.	Морошка	»	Т-ДК	4	Л, П	Л
192	<i>R. sachalinensis</i> Lévl.	Малина сахалинская	»	К-О	2	Л, П	Л
193	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	Кровохлебка лекарственная	»	Т-С, Т-КК	3	Р	Л
194	<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	Зиббальдия ползучая	»	КЧ-П	5	Р	Л
195	<i>Sieversia pusilla</i> (Gaertn.) Hult.	Сиверсия малая	»	ПКЧ	3	Р	Л, О
196	<i>Sorbus sambucifolia</i> (Cham. et Schlecht.) M. Roem.	Рябина бузинолистная	»	К-О	5	П	О

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
197	<i>Spiraea beauverdiana</i> Schneid.	Спирея Бовера	»	К-О	4	Л	Л
198	<i>S. salicifolia</i> L.	С. иволистная	»	К-О	4	Л	Л
199	<i>Galium boreale</i> L.	Подмаренник северный	Rubiaceae	Т-ДК	4	Р	Л
200	<i>G. ruthenicum</i> Willd.	П. русский	»	Т-ДК	3	Р	Л
201	<i>Chosenia arbutifolia</i> (Pall.) A. Skvorts.	Чозения толокнянколистная	Salicaceae	Д-В	5	Л	О
202	<i>Salix alaxensis</i> Cov.	Ива аляскинская	»	К-Г	5	Л	Л, О
203	<i>S. arctica</i> Pall.	И. арктическая	»	К-Г, КЧ-П	5	Л	Л, О
204	<i>S. bebbiana</i> Sarg.	И. Бейба	»	Д-Н, К-О	5	Л	Л, О
205	<i>S. chamissonis</i> Anderss.	И. Шамиссо	»	КЧ-П	5	Л	Л, О
206	<i>S. fuscescens</i> Anderss.	И. чернеющая	»	КЧ-П	5	Л	Л, О
207	<i>S. glauca</i> L.	И. сизая	»	К-Г	5	Л	Л, О
208	<i>S. hastata</i> L.	И. копьевидная	»	К-О	5	Л	Л, О
209	<i>S. krylovii</i> E. Wolf	И. Крылова	»	К-Г	5	Л	Л, О
210	<i>S. lanata</i> L.	И. шерстистая	»	К-Г	5	Л	Л, О
211	<i>S. phlebophylla</i> Anderss.	И. жилколистная	»	КЧ-П	5	Л	Л, О
212	<i>S. polaris</i> Wahlenb.	И. полярная	»	КЧ-П	5	Л	Л, О
213	<i>S. pulchra</i> Cham.	И. красивая	»	К-Г, К-П, К-О, КЧ-Г	5	Л	Л, О
214	<i>S. reptans</i> Rupr.	И. ползучая	»	КЧ-Г, КЧ-П	5	Л	Л, О
215	<i>S. reticulata</i> L.	И. сетчатая	»	КЧ-П	5	Л	Л, О
216	<i>S. saxatilis</i> Turcz. ex Ledeb.	И. скальная	»	КЧ-Г, КЧ-П	5	Л	Л, О
217	<i>S. schwerinii</i> E. Wolf.	И. Шверина	»	Д-Н, К-О	5	Л	О
218	<i>S. sphenophylla</i> A. Skvorts.	И. клинолистная	»	КЧ-П	5	Л	Л, О
219	<i>S. udensis</i> Trautv. et Mey.	И. удская	»	Д-Н, К-О	5	Л	О
220	<i>Saxifraga hieracifolia</i> Waldst. et Kit.	Камнеломка ястребинколистная	Saxifragaceae	Т-КК	3	Р	Л
221	<i>S. hirculus</i> L.	К. болотная	»	Т-КК	3	Р	Л
222	<i>S. nelsoniana</i> D. Don	К. Нельсона	»	Т-ДК	3	Р	Л
223	<i>Lagotis minor</i> (Willd.) Standl.	Лаготис малый	Scrophulariaceae	Т-КК	4	Р	В, Л
224	<i>Pedicularis amoena</i> Adams ex Stev.	Мытник приятный	»	Т-С	4	Р, К	В, Л
225	<i>P. capitata</i> Adams	М. головчатый	»	Т-ДК	3	Р, К	Л
226	<i>P. labradorica</i> Wirsing	М. лабраторский	»	М-Д	4	Р, К	В, Л
227	<i>P. lanata</i> Willd ex Cham. et Schldl.	М. мохнатый	»	Т-С	3	Р, К	В, Л
228	<i>P. oederi</i> Vahl	М. Эдера	»	Т-С, Т-КК	4	Р, К	В, Л
229	<i>P. sudetica</i> Willd.	М. судетский	»	Т-ДК	4	Р, К	В, Л

Таблица 2. Продолжение

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
230	<i>P. verticillata</i> L.	М. мутовчатый	»	Т-С	4	Р, К	В, Л
231	<i>Urtica angustifolia</i> Fisch. ex Hornem.	Крапива узколистная	Urticaceae	Т-ДК	3	Л	Л, О
232	<i>U. platyphylla</i> Wedd.	К. плосколистная	»	Т-ДК	3	Л	Л, О
233	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	Голубика обыкновенная	Vacciniaceae	КЧ-Г, КЧ-П	3	П	Л, О
234	<i>V. vitis-idaea</i> L.	Брусника обыкновенная	»	КЧ-О	3	П	Л, О
235	<i>Valeriana capitata</i> Pall. ex Link	Валериана головчатая	Valerianaceae	Т-ДК	4	Р	В, Л
ЛИШАЙНИКИ (LICHENS)							
1	<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.	Кладония стройная	Cladoniaceae	К	3	Т	В, Л, О, 3
2	<i>C. arbuscula</i> (Wallr.) Flot. s. l.	К. лесная	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
3	<i>C. cornuta</i> (L.) Hoffm.	К. рогагая	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
4	<i>C. crispata</i> (Ach.) Flot. s. l.	К. кудрявая	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
5	<i>C. deformis</i> (L.) Hoffm.	К. бесформенная	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
6	<i>C. gracilis</i> (L.) Willd. s. l.	К. грациозная	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
7	<i>C. macroceras</i> (Delise) Hav.	К. крупнорогая	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
8	<i>C. maxima</i> (Asahina) Ahti	К. крупнейшая	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
9	<i>C. mitis</i> Sandst.	К. мягкая	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
10	<i>C. rangiferina</i> (L.) F. H. Wigg.	К. оленья	»	К	5	Т	В, Л, О, 3
11	<i>C. squamosa</i> Hoffm.	К. чешуйчатая	»	К	2	Т	В, Л, О, 3
12	<i>C. stellaris</i> (Opiz) Pouzar et Vězda	К. звездчатая	»	К	5	Т	В, Л, О, 3
13	<i>C. stygia</i> (Fr.) Ruoss	К. мрачная	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
14	<i>C. uncialis</i> (L.) F. H. Wigg.	К. дюймовая	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
15	<i>Thamnomia vermicularis</i> (Sw.) Schaer. s. l.	Тамнолия червеобразная	Ismaadophilaceae	К	4	Т	В, Л, О, 3
16	<i>Alectoria ochroleuca</i> (Hoffm.) A. Massal.	Алектория бледно-охряная	Parmeliaceae	К	2	Т	В, О, 3
17	<i>Arctocetraria andrejevii</i> (Oxner) Kärnefelt et A. Thell	Арктоцетрария Андреева	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
18	<i>Asahinea chrysantha</i> (Tuck.) W. L. Culb. et C. F. Culb.	Асахиния золотистая	»	Л	2	Т	В, О, 3
19	<i>Bryocaulon divergens</i> (Ach.) Kärnefelt	Бриокаулон разветвленный	»	К	2	Т	В, О, 3
20	<i>Bryoria nitidula</i> (Th. Fr.) Brodo et D. Hawksw	Бриория блестящая	»	К	2	Т	В, О, 3
21	<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach. s. l.	Цетрария исландская	»	К	5	Т	В, Л, О, 3
22	<i>C. laevigata</i> Rassad.	Ц. сглаженная	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
23	<i>C. nigricans</i> Nyl.	Ц. черноватая	»	К	2	Т	В, Л, О, 3

Таблица 2. Окончание

№	Виды Species	Русское название вида Russian species names	Семейство Familia	Жизненная форма Life form	Поедаемость Eatability	Поедаемые органы Eaten organs	Сезон Season
24	<i>Cetrariella delisei</i> (Bory ex Schaer.) Kärnefelt et A. Thell	Цетрариелла Делиса	»	К	5	Т	В, Л, О, 3
25	<i>Dactylina arctica</i> (Richardson) Nyl.	Дактилина арктическая	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
26	<i>Flavocetraria cucullata</i> (Bellardi) Kärnefelt et Thell	Флавоцетрария клубочковая	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
27	<i>F. nivalis</i> (L.) Kärnefelt et Thell	Ф. снежная	»	К	4	Т	В, Л, О, 3
28	<i>Gowardia nigricans</i> (Ach.) Halonen et al.	Говардия черноватая	»	К	2	Т	В, О, 3
29	<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	Пельтигера пупырчатая	Peltigeraceae	Л	1	Т	В, О, 3
30	<i>P. canina</i> (L.) Willd.	П. собачья	»	Л	1	Т	В, О, 3
31	<i>P. malacea</i> (Ach.) Funck	П. мягкая	»	Л	1	Т	В, О, 3
32	<i>P. polydactylon</i> (Neck.) Hoffm.	П. многопалая	»	Л	1	Т	В, О, 3
33	<i>P. scabrosa</i> Th. Fr.	П. шероховатая	»	Л	1	Т	В, О, 3
34	<i>Sphaerophorus fragilis</i> (L.) Pers.	Сферофорус ломкий	Sphaerophoraceae	К	3	Т	В, Л, О, 3
35	<i>S. globosus</i> (Huds.) Vain.	С. шаровидный	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
36	<i>Stereocaulon alpinum</i> Laurer	Стереокаулон альпийский	Stereocaulaceae	К	3	Т	В, Л, О, 3
37	<i>S. paschale</i> (L.) Hoffm.	С. голый	»	К	3	Т	В, Л, О, 3
ГРИБЫ (FUNGI)							
1	<i>Lycoperdon</i> spp.	Дождлик	Agaricaceae	Н-К	5	ПТ	Л, О
2	<i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam.	Мухомор красный	Amanitaceae	Н-ШН	1	ПТ	Л, О
3	<i>Boletus edulis</i> Bull.	Боровик, белый гриб	Boletaceae	Н-ШН	5	ПТ	Л, О
4	<i>Lecanum scabrum</i> (Bull.) Gray	Подберезовик обыкновенный	»	Н-ШН	5	ПТ	Л, О
5	<i>Lactarius</i> spp.	Млечник (Волнушка)	Russulaceae	Н-ШН	5	ПТ	Л, О
6	<i>Russula sanguinea</i> Fr.	Сыроежка кроваво-красная	»	Н-ШН	4	ПТ	Л, О
7	<i>Suillus</i> spp.	Масленок	Suillaceae	Н-ШН	5	ПТ	Л, О

Примечание. **Жизненная форма:** *Сосудистые растения:* Д – деревья (Д-В – высокие; Д-Н – низкорослые); К – кустарники (К-Г – гемипростратные; К-О – ортотропные; К-П – простратные); КЧ – кустарнички (КЧ-Г – гемипростратные; КЧ-О – ортотропные; КЧ-П – простратные); ПКЧ – полукустарнички; Т – травы поликарпические (Т-Д – дерновинные; Т-ДК – длиннокорневищные; Т-ДК – короткокорневищные кистекопные; Т-КО – корнеотпрысковые; Т-П – ползучие; Т-С – стержнекорневые; Т-СД – длиннокорневищно-стержнекорневые); М – травы монокарпические (М-Д – двулетние; М-М – многолетние). *Лишайники:* К – с кустистым талломом; Л – с листоватым талломом. *Грибы* (по: Васильков, 1974): Н – наземные (Н-К – клубневидные; ШН – шляпконожковые). **Поедаемые органы:** Р – растение целиком (Т – часть слоевища (таллома) у лишайников; ПТ – плодовое тело (спорокарп) у шляпочных грибов); К – корни, корневища, клубни, луковичи и другие подземные органы; С – стебли; Л – листья; Ц – цветки; П – плоды. **Сезон:** 3 – зима; В – весна; Л – лето; О – осень.

Note. **Life-form:** *Vascular plants:* Д – trees (Д-В – tall; Д-Н – stunted); К – shrubs (К-Г – hemiprotstrate; К-О – orthotropic; К-П – prostrate); КЧ – dwarf shrubs (КЧ-Г – hemiprotstrate; КЧ-О – orthotropic; КЧ-П – prostrate); ПКЧ – semi-dwarf shrubs; Т – polycarpic herbs (Т-Д – turf; Т-ДК – long-rooted; Т-КК – short-rooted, brush-rooted); Т-КО – root-springing; Т-П – creeping; Т-С – rod-rooted; Т-СД – long-rooted-rod-rooted); М – monocarpic herbs (М-Д – biennial; М-М – perennial). *Lichens:* К – with bushy thallus, scyphoid; Л – with lamellar thallus, laminar. *Fungi:* Н – terrestrial (fungi epigea) (Н-К – tuberosus; ШН – cap mushrooms). **Forage organs:** Р – the whole plant (Т – part of the thallus in lichens; ПТ – fruiting body (sporocarp) in fungi); К – roots, rhizomes, tubers, bulbs and other underground organs; С – stems; Л – leaves; Ц – flowers; П – fruits. **Season:** 3 – winter; В – spring; Л – summer; О – autumn.

Таблица 3. Распределение кормовых видов растений и лишайников Олюторского района по основным хозяйственно-ботаническим группам**Table 3.** Distribution of forage plant and lichen species of the Olyutorsky District by the main economic botanical groups

Хозяйственно-ботанические группы Economic-botanical groups	Число видов Species number	Доля видов, % Species ratio, %
Злаки Grasses	39	14.3
Осоки* Sedges*	42	15.4
Разнотравье Herbs	147	54.0
Бобовые Fabaceae	7	2.6
Лишайники Lichens	37	13.6
Всего Total	272	100

Примечание. * — включая сем. Ситниковые (Juncaceae).

Note. * — including Juncaceae.

Распределение кормовых видов сосудистых растений и лишайников по хозяйственно-ботаническим группам приведено в табл. 3. Среди сосудистых растений преобладают виды группы разнотравья — 147 видов (54.0%), злаки и осоковые представлены 39 и 37 видами, соответственно; меньше всего видов в группе бобовых (7 видов). Среди лишайников насчитывается 42 вида.

Большая часть кормовых сосудистых растений представлена многолетними травами (192 вида — 81.7%); среди них преобладают длиннокорневищные (77 видов — 32.8%), дерновинные (35 видов — 14.9%) и короткокорневищные (29 видов — 12.3%). Деревья представлены 4 видами (1.7%); осенью оленями поедается их опавшая листва. Кустарники (19 видов — 8.1%) представлены видами хорошо и отлично поедаемыми в течение всего вегетационного периода. Кустарнички (18 видов — 7.7%) поедаются слабо. Полукустарнички (2 вида — 0.9%) — используются в зимний период из-под снега.

У 191 вида сосудистых растений (81.3%) вся надземная часть поедается полностью, из них у 11 видов (4.7%) олени поедают растения с корнем (корневищем, клубнем, луковицей). У остальных 44 видов (18.7%) поедаются только листья, плоды или цветки. К ним относятся растения древесных и полудревесных жизненных форм, в т. ч. все деревья (*Chosenia arbutifolia*, *Salix schwerinii*, *S. udensis*, *S. bebbiana* Sarg.) и кустарники (19 видов), 12 видов кустарничков, и некоторые травянистые растения (*Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC., *Urtica angustifolia* Fisch. ex Hornem., *U. platyphylla* Wedd., *Veratrum oxysepalum* Turcz. и др.).

Из лишайников по числу видов преобладают семейства Cladoniaceae (14 видов рода *Cladonia* —

37.8%) и Parmeliaceae (13 видов, относящихся к 10 родам — 35.1%), в целом составляющие 72.9% всех кормовых лишайников, или 9.9% от всего списка выявленных кормовых видов.

Проанализировано распределение кормовых растений и лишайников по группам поедаемости и сезонам скармливания (всего 235 видов кормовых растений, 37 лишайников). К *отлично поедаемым* (наиболее охотно скармливаемым) относятся 104 вида сосудистых растений (38.2%) и 4 вида лишайников (1.5%). Эта группа представлена излюбленными кормовыми видами сосудистых растений из семейств Суреевые, Розовые, Салицевые, Бобовые, Розовые и лишайниками *Cladonia rangiferina*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica* (L.) Ach. s. l., *Cetrariella delisei* (Bory ex Schaer.) Kärnefelt et A. Thell. В группе *хорошо поедаемых* насчитывается 43 вида сосудистых растений (15.8%) и 10 лишайников (3.7%). Сосудистые растения этой группы представлены в основном видами разнотравья (*Pedicularis* spp., *Artemisia arctica* Less., *Rubus arcticus* L., *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre, *Rumex arcticus* Trautv., и др.) и кустарниками *Spiraea beauverdiana* Schneid. и *S. salicifolia* L. Среди лишайников к *хорошо поедаемым* относятся виды родов *Cladonia*, *Flavocetraria*, *Cetraria*, а также *Arctocetraria andrejevii* (Oxner) Kärnefelt et A. Thell., *Dactylina arctica* (Richardson) Nyl., *Thamnolia verticillaris* (Sw.) Schaer. s.l. В группе *удовлетворительно поедаемых* — 72 вида сосудистых растений (26.5%) и 11 лишайников (4.0%), представленных шиловидными кладониями (*Cladonia*) из группы *C. gracilis* s.l. Поедаемость *ниже удовлетворительной* у 13 видов сосудистых растений (4.8%) и 7 видов лишайников (2.6%). Среди *плохо поедаемых* —

3 вида сосудистых растений (1.1%) и 5 видов лишайников (1.8%). Из сосудистых растений к этой категории отнесены *Cicuta virosa* L., *Equisetum fluviatile* L. и *E. palustre* L. — ядовитые растения, изредка поедаемые оленем также и в соседних регионах [29, 31]; а из лишайников — виды рода *Peltigera*, которые в массе, как правило, не поедаются, но их слоевища частично употребляются при отсутствии других кормов.

По сезонам выпаса кормовые виды (сосудистые растения и лишайники) разделены на девять групп: 1 — виды круглогодичного скармливания (43 вида — 15.8%, среди них большую часть составляют лишайники: 27 видов — 9.9%); 2 — корма бесснежного периода (18 видов — 6.6%); 3 — весенние корма (5 видов — 1.8%); 4 — весенне-летние (65 видов — 23.9%); 5 — летние (69 видов — 25.4%); 6 — летне-осенние (40 видов — 14.7%); 7 — корма переходных сезонов (2 вида — 0.7%); 8 — осенне-зимние (13 видов — 4.8%); 9 — осенне-зимне-весенние (17 видов — 6.3%, в т. ч. 10 видов лишайников — 3.7%).

К основным группам кормовых видов растений и лишайников оленьих пастбищ в Корьякском округе относятся: кустистые лишайники — *Cladonia stellaris*, *C. rangiferina*, *C. arbuscula*, *C. mitis* Sandst., *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt et Thell и др., кустарниковые ивы (*Salix pulchra*, *S. alaxensis*, *S. krylovii* E. Wolf, *S. saxatilis* Turcz. ex Ledeb., *S. arctica* Pall. и др.), карликовые березки (*Betula exilis*, *B. middendorffii*), злаки (*Arctophila fulva* (Trin.) Anderss., *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. s.l., *Poa* spp., *Festuca* spp. и др.), осоки (*Carex lugens*, *C. globularis*, *C. appendiculata* (Trautv. et C.A. Mey.) Kük., *C. lyngbyei* Hornem. subsp. *cryptocarpa* (C.A. Mey.) C. vesicata Meinsh., *C. rhynchophysa* C.A. Mey. и др.), пушицы (*Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon* L., *E. russeolum* Fries, *E. scheuchzeri* Hoppe), хвощи (*Equisetum* spp.), виды разнотравья из семейств Fabaceae, Asteraceae, Polygonaceae и др.

Важнейшие, наиболее широко распространенные и массовые (наиболее обильные) кормовые растения оленьих пастбищ Олюторского р-на — пушица влагалищная (*E. vaginatum*), осока траурная (*Carex lugens*), осока придатконосная (*C. appendiculata*), березка тощая (*B. exilis*), ива красивая (*S. pulchra*). Эти виды распространены в обширных межгорных депрессиях и широких долинах рек, занятых пушицево-осоковыми кочкарниками, занимающими значительные площади. В этих сообществах пушица влагалищная и осока траурная являются содоминантами, с проективным покрытием 40–80%. Березка тощая часто встречается на дренированных равнинах, подстилаемых флювиогляциальными отложениями, и на высоких коренных берегах рек, где распространены мелкоерниковые тундры с доминированием *B. exilis* с проективным покрытием до 70–80%.

Ива красивая образует сомкнутые монодоминантные кустарниковые заросли в поймах рек и приозерных депрессиях, где ее покрытие достигает 90–95%. Кустарниковые ивняки из *S. pulchra* и *S. alaxensis* тянутся узкой полосой вдоль рек на многие километры. Из лишайников наиболее массовыми и хорошо поедаемыми видами являются ягели — *Cladonia stellaris*, *C. rangiferina*, *C. arbuscula*, *C. mitis*, *Cetraria laevigata* Rassad., *C. islandica*, *Flavocetraria cucullata* (табл. 2). Эти виды являются доминантами ягельных горных тундр, где их покрытие может достигать 90%.

Олени чукотской породы охотно поедают растения, которые не использует в пищу домашний скот: сабельник болотный (*Comarum palustre* L.), пушицу влагалищную (*E. vaginatum*), морошку (*Rubus chamaemorus* L.) и др. Кроме того, они способны поедать ряд ядовитых растений, обычно вызывающих отравления у крупного и мелкого рогатого скота: вех ядовитый (*C. virosa*), калужницу болотную (*Caltha palustris* L.), различные виды лютиков (*Ranunculus* spp.), щавелей (*Rumex* spp.) и мытников (*Pedicularis* spp.). Эта особенность отчасти объясняется менее интенсивным накоплением и меньшим содержанием алкалоидов в растениях высоких широт [23, 38].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены новые данные о составе кормовой базы оленьих пастбищ Олюторского р-на Камчатского края. Флористические особенности севера Корьякского округа определяют региональную специфику в наборе кормовых видов чукотской породы северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) — “харгин”, по сравнению с районами Чукотского АО, Магаданской обл. и Якутии. В результате проведенных исследований в список видов, поедаемых оленями, включено 235 сосудистых растений из 37 семейств, 37 видов лишайников и виды 7 родов шляпочных грибов. Кормовые растения подразделены на девять групп по сезонам использования. Наибольшее число видов включают летние корма (69 видов — 25.4%), весенне-летние (65 видов — 23.9%), корма круглогодичного скармливания (43 вида — 15.8%) и летне-осенние (40 видов — 14.7%). В составе группы кормов круглогодичного скармливания преобладают кустистые лишайники (27 видов — 9.9%).

Кроме кормовых растений (пушицы, осоки, арктофила и др.) и лишайников (ягели), общих для Северной Корьякии и других районов Субарктики, в состав этих групп входят виды, чей ареал на запад далее Якутии и Байкала не простирается (*Chosenia arbutifolia*, *Salix krylovii*, *Salix alaxensis*, *Betula middendorffii*, *Claytonia acutifolia* и др.). Ряд видов, являющихся излюбленными кормами северного оленя в западных районах Субарктики, харгин практически не поедает, или поедает

очень плохо (морозка, лаготис малый, горец живородящий, пепельники, пельтигеры и др.). В то же время чукотский северный олень способен поедать виды, которые обычно не используются другими породами оленей (*Dianthus repens*, *Delphinium brachycentrum*, *Aconitum*, *Cicuta virosa*, *Equisetum fluviatile* и др.).

Суровые природные условия Северной Корякии определяют существенные отличия в рационе чукотского северного оленя, по сравнению с другими породами северных оленей. В связи с тем, что вегетационный период, в течение которого северные олени находятся на летне-зеленых кормах, очень короток, и их организм не успевает подготовиться к зимовке на исключительно ягельных кормах, в зимний период они охотно потребляют подснежную зелень, прелую листву, ветوشь трав и другие корма. В то же время, поскольку ягельные корма преобладают в питании харгина на протяжении большей части года, в короткий весенне-летний период организм оленя не успевает перестроиться на питание исключительно зелеными кормами, поэтому лишайники остаются для него необходимыми кормовыми добавками весной, летом и осенью.

В Корякском округе основными группами кормов чукотского северного оленя являются ягели (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda, *C. rangiferina* (L.) F.H. Wigg., *C. arbuscula* (Wallr.) Flot. s.l., *C. mitis* Sandst., *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt et Thell и др.), кустарниковые ивы (*Salix pulchra* Cham., *S. alaxensis* Cov., *S. krylovii* E. Wolf, *S. saxatilis* Turcz. ex Ledeb., *S. arctica* Pall. и др.), карликовые березки (*Betula exilis* Sukacz., *B. middendorffii* Trautv. et Mey.), злаки (*Arctophila*

fulva (Trin.) Anderss., *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. s.l., *Poa* L. spp., *Festuca* L. spp. и др.), осоки (*Carex lugens* H.T. Holm., *C. globularis* L., *C. appendiculata* (Trautv. et C.A. Mey.) Kük., *C. lyngbyei* Hornem. subsp. *Cryptocarpa* (C.A. Mey.) Hultén, *C. rhynchophysa* C.A. Mey. и др.), пушицы (*Eriophorum vaginatum* L., *E. polystachyon* L., *E. russeolum* Fries, *E. scheuchzeri* Horpe), хвощи (*Equisetum* L. spp.), виды разнотравья из семейств Fabaceae, Asteraceae, Polygonaceae и др.

Полученные данные являются основой для разработки хозяйственной типологии оленьих пастбищ, ведения их мониторинга, а также для оценки запасов кормов по фракциям и сезонам скармливания. Для дальнейшего развития оленеводства в Корякском округе необходимо продолжить изучение кормовых ресурсов, выявление пастбищных угодий, их картографирование и подсчет площадей оленьих пастбищ различных типов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают сердечную благодарность участникам экспедиций 2021–2022 гг. — В.Е. Кириченко, к. б. н. Е.Ю. Кузьминой, д. б. н. В.Ю. Нешатаеву, к. б. н. В.Н. Тюрину, а также к. б. н. И.С. Степанчиковой и Д.Е. Гимельбранту за большую помощь в определении лишайников. Особую признательность мы выражаем главе администрации пос. Средние Пахачи И.А. Феденко и руководителю Средне-Пахачинского отделения ООО «Оленевод» В.В. Савинову за оказанное содействие в проведении полевых исследований.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00202.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольфсон А.Г. 1991. Происхождение чукотско-корякской культуры оленеводства. Владивосток. 110 с.
2. Williams L. 2007. Sustainable livelihoods in Kamchatka. — Arctic Bulletin. 1: 12–13.
3. Щелкунова Р.П. 1980. Растительность и кормовые ресурсы для оленеводства Таймыра: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск. 43 с.
4. Корчмит В.А. 2001. Оленеводство Корякии: этапы развития, перспективы возрождения. Петропавловск-Камчатский. 439 с.
5. Баскин Л.М. 2016. Современное оленеводство в России: состояние, мобильность, права собственности, патернализм государства. — Этнографическое обозрение. 2: 28–43. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26005540>
6. Горюшков Б.Н. 1933. Естественные пастбищные угодья тундровой зоны ДВК. — Советское оленеводство. 2: 119–165.
7. Андреев В.Н. 1961. Рациональное использование оленьих пастбищ Камчатской области. — В сб.: Сырьевые ресурсы Камчатской области: Материалы выездной сессии Комиссии по проблемам Севера в 1957 г. М. С. 176–182.
8. Устинов В.И. 1970. Развитие товарного оленеводства. — В кн.: Север Дальнего Востока. М. С. 437–449.
9. Методические указания по классификации оленьих пастбищ Российской Федерации. 1998. М. 91 с.
10. Горюшков Б.Н. 1934. Об основаниях и методах хозяйственной классификации и бонитировки оленьих пастбищ. — Сов. ботаника. 1: 54–66.
11. Природа и ресурсы Чукотки. 1997. Магадан. 235 с.
12. Турпина С.И. 2016. Основы оленеводства. Якутск. 60 с.

13. Сегаль А.Н. 1962. Пастбишный режим и периодика физиологических функций северного оленя. — В кн.: Северный олень в Карельской АССР. М.; Л. С. 130–150.
14. Мосолов В.И., Филь В.И. 2010. Дикий северный олень Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 158 с.
15. Пармузин Ю.П. 1967. Северо-Восток и Камчатка. М. 368 с.
16. Кондратьев В.И. 1974. Климат Камчатки. М. 204 с.
17. Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю., Кириченко В.Е. 2020. Растительный покров территории Северной Корякии (Камчатский край) и ее геоботаническое районирование. — Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 65(2): 395–416.
<https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.210>
18. Баскин Л.М. 1970. Северный олень. Экология и поведение. М. 149 с.
19. Румянцев В.В. 1976. Особенности использования зимних пастбищ чукотским оленем (харгин) в условиях Якутии. Якутск. 95 с.
20. Бороздин Э.К., Забродин В.А., Вагин А.С. 1990. Северное оленеводство. Л. 240 с.
21. Ягловский С.А., Корякина Л.П. 2016. Особенности питания северного оленя. Якутск. 112 с.
22. Нешатаева В.Ю., Кириченко В.Е., Скворцов К.И. 2022. Растительность и типы оленьих пастбищ на севере Корякского округа. — Вопросы географии Камчатки. 17: 67–69.
https://www.rgo.ru/sites/default/files/voprosy_geografii_kamchatki_17.pdf
23. Карев Г.И. 1956. Корма и пастбища северного оленя. М.; Л. 100 с.
24. Справочник пастуха-оленевода. 1985. Якутск. 112 с.
25. Васильев В.Н. 1936. Оленьи пастбища Анадырского края. — Труды Арктического института. 62: 9–14.
26. Андреев В.Н. 1948. Корма и пастбища северных оленей. — Северное оленеводство. М. С. 100–157.
27. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. 1950. Т. 1. Споровые, голосеменные и однодольные. М.; Л. 688 с.
28. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. 1951. Т. 2. Двудольные. М.; Л. 948 с.
29. Куваев В.Б., Самарин В.П. 1961. Кормовые растения северного оленя в Томпонском районе Якутской АССР (Верхоянский хребет). — В сб.: Материалы по растительности Якутии. Л. С. 106–189.
30. Кормовая характеристика растений Крайнего Севера. 1964. — Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. Вып. 5. М.; Л. 484 с.
31. Полежаев А.Н., Беркутенко А.Н. 1981. Определитель кормовых растений северного оленя. Магадан. 191 с.
32. Технические указания по геоботаническому обследованию оленьих пастбищ. 1985. М. 136 с.
33. Сосудистые растения Советского Дальнего Востока / под ред. С.С. Харкевича. Л.; СПб. 1985–1996. Т. 1–8.
34. Andreev M., Kotlov Y., Makarova I. 1996. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of the Russian Arctic. — The Bryologist. 99(2): 137–169.
<https://doi.org/10.2307/3244545>
35. Index Fungorum. 2008–2023. <https://indexfungorum.org>
36. Полозова Т.Г. 2010. Жизненные формы растений Чукотской тундры. — В кн.: Конспект флоры Чукотской тундры. С. 47–50.
37. Краткое руководство для геоботанических исследований в связи с полезационным лесоразведением и созданием устойчивой кормовой базы на юге Европейской части СССР. 1952. М. 191 с.
38. Сыроечковский Е.Е. 1986. Северный олень. М. 255 с.

Plant, Lichen and Fungi Forage Species of Reindeer Pastures in the Olyutorsky District of the Koryak Region (Kamchatka Territory)

V. Yu. Neshataeva^a, *, K. I. Skvortsov^a, V. V. Yakubov^b

^aKomarov Botanical Institute RAS, Saint-Petersburg, Russia

^bFederal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia

*e-mail: vneshatayeva@binran.ru

Abstract—A list of forage plants, lichens and fungi of reindeer pastures of the Olyutorsky District of the Koryak Region was compiled for the first time. 233 species of vascular plants from 37 families, 37 species of forage lichens and 7 genera of mushrooms were identified. The main species of fodder lichens in the Koryak District are: *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda, *C. rangiferina* (L.) F.H. Wigg., *C. arbuscula* (Wallr.) Flot. s.l., *C. mitis* Sandst., *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt et Thell at all. The main forage plants are: *Salix pulchra* Cham., *S. alaxensis* Cov., *S. krylovii* E. Wolf, *S. saxatilis* Turcz. ex Ledeb., *S. arctica* Pall. et al.; *Betula exilis* Sukacz., *B. middendorffii* Trautv. et Mey.; *Arctophila fulva* (Trin.) Anderss., *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. s.l., *Poa* L. spp., *Festuca* L. spp.; *Carex lugens* H. T. Holm., *C. globularis* L., *C. appendicu-*

lata (Trautv. et C.A. Mey.) Kük., *C. lyngbyei* Hornem. subsp. *Cryptocarpa* (C.A. Mey.) Hultén, *C. rhyncho-physa* C.A. Mey.; *Eriophorum vaginatum* L., *E. polystachyon* L., *E. russeolum* Fries, *E. scheuchzeri* Hoppe; *Equisetum* L. spp.; Fabaceae, Asteraceae, Polygonaceae species. For each species, the family, life-form (biomorph), edible plant organs and grazing seasons were indicated. Regional patterns of the reindeer pastures vegetation in the North of the Koryak Region are discussed; some grazing preferences of Chukchi deer breed are noted.

Keywords: reindeer pastures, main fodder species, Koryak Region, Kamchatka Territory

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their gratitude to the participants of the 2021–2022 expeditions – V.E. Kirichenko, E.Yu. Kuzmina, V.Yu. Neshataev, V.N. Tyurin, as well as to I.S. Stepanchikova and D.E. Gimelbrant for their help in determining lichens. We express our special gratitude to the head of Sredniye Pakhachi village administration I.A. Fedenko and the head of the Sredne-Pakhachinsky branch of “Olenevod” company V.V. Savinov for their kind assistance in conducting field research.

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation № 23-27-00202.

REFERENCES

1. Vol'fon A.G. 1991. [The origin of the Chukchi-Koryak reindeer culture]. Vladivostok. 110 p. (In Russian)
2. Williams L. 2007. Sustainable livelihoods in Kamchatka. – Arctic Bulletin. 1: 12–13.
3. Shchelkunova R.P. 1980. [Vegetation and forage resources for Taimyr reindeer husbandry: Abstr. ... Dis. Doct. (Biology) Sci.]. Novosibirsk. 43 p. (In Russian)
4. Korchmit V.A. 2001. [Reindeer husbandry of Koryakia: stages of development, prospects of revival]. Petropavlovsk-Kamchatsky. 439 p. (In Russian)
5. Baskin L.M. 2016. Modern reindeer husbandry in Russia: status, mobility, property rights, state paternalism. – Et-nograficheskoe obozrenie. 2: 28–43.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26005540> (In Russian)
6. Gorodkov B.N. 1933. [Natural pasture lands of the tundra zone of the Far East region]. – Sovetskoe olenevodstvo. 2: 119–165. (In Russian)
7. Andreev V.N. 1961. [Rational use of reindeer pastures in the Kamchatka region]. – In: [Raw materials of the Kamchatka region: Materials of the visiting session of the Commission on the Problems of the North in 1957]. Moscow. P. 176–182. (In Russian)
8. Ustinov V.I. 1970. [Development of commercial reindeer husbandry]. – In: [The North of the Far East]. Moscow. P. 437–449. (In Russian)
9. [Methodological guidelines for the classification of reindeer pastures of the Russian Federation]. 1998. Moscow. 91 p. (In Russian)
10. Gorodkov B.N. 1934. [On the fundamentals and methods of economic classification and bonitization of reindeer pastures]. – Sovetskaya Botanika. 1: 54–66. (In Russian)
11. [Nature and resources of Chukotka]. 1997. Magadan. 235 p. (In Russian)
12. Tuprina S.I. 2016. [Fundamentals of reindeer husbandry]. Yakutsk. 60 p. (In Russian)
13. Segal' A.N. 1962. [Pasture regime and periodicity of physiological functions of reindeer]. – In: [Reindeer in the Karelian ASSR]. Moscow; Leningrad. P. 130–150. (In Russian)
14. Mosolov V.I., Fil' V.I. 2010. [Wild reindeer of Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatsky. 158 p. (In Russian)
15. Parmuzin Yu.P. 1967. [Northeast and Kamchatka]. Moscow. 368 p. (In Russian)
16. Kondratyuk V.I. 1974. [Climate of Kamchatka]. Moscow. 204 p. (In Russian)
17. Neshataeva V.Yu., Neshataev V.Yu., Kirichenko V.E. Vegetation cover of the North of the Koryak Region (Kamchatsky Krai) and its geobotanical subdivision. – Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences. 65(2): 395–416.
<https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.210> (In Russian)
18. Baskin L.M. 1970. [Reindeer. Ecology and behavior]. Moscow. 149 p. (In Russian)
19. Rumyantsev V.V. 1976. [Features of the use of winter pastures by the Chukchi reindeer (Khargin) in Yakutia]. Yakutsk. 95 p. (In Russian)
20. Borozdin E.K., Zabrodin V.A., Vagin A.S. 1990. [Reindeer husbandry]. Leningrad. 240 p. (In Russian)
21. Yaglovskij S.A., Koryakina L.P. 2016. [Features of reindeer nutrition]. Yakutsk. 112 p. (In Russian)
22. Neshataeva V.Yu., Kirichenko V.E., Skvortsov K.I. 2022. Vegetation cover and the types of reindeer pastures in the North of the Koryak Region. – Voprosy geografii Kamchatki. 17: 67–69.
https://www.rgo.ru/sites/default/files/voprosy_geografii_kamchatki_17.pdf (In Russian)
23. Karev G.I. 1956. [Reindeer feed and pastures]. Moscow; Leningrad. 100 p. (In Russian)
24. [Handbook of a reindeer herder]. 1985. Yakutsk. 112 p. (In Russian)

25. *Vasil'ev V.N.* 1936. [Reindeer pastures of the Anadyr region]. — Trudy Arkticheskogo instituta. 62: 9–14. (In Russian)
26. *Andreev V.N.* 1948. [Reindeer feed and pastures]. — Severnoe olenevodstvo. Moscow. P. 100–157. (In Russian)
27. [Forage plants of hayfields and pastures of the USSR]. 1950. V. 1. [Sporophytes, gymnosperms and monocotyledons]. Moscow; Leningrad. 688 p. (In Russian)
28. [Forage plants of hayfields and pastures of the USSR]. 1951. V. 2. [Dicotyledonous]. Moscow; Leningrad. 948 p. (In Russian)
29. *Kuvaev V.B., Samarin V.P.* 1961. [Reindeer forage plants of the Tomponsky district of the Yakut ASSR (Verkhoyansky ridge)]. — In: [Materials on vegetation of Yakutia]. Leningrad. P. 106–189. (In Russian)
30. [Forage characteristics of plants of the Far North]. — In: [Vegetation of the Far North of the USSR and its development]. 1964. V. 5. Moscow; Leningrad. 484 p. (In Russian)
31. *Polezhaev A.N., Berkutenko A.N.* 1981. [Determinant of reindeer forage plants]. Magadan. 191 p. (In Russian)
32. [Technical instructions for the geobotanical survey of reindeer pastures]. 1985. Moscow. 136 p. (In Russian)
33. [Vascular plants of the Soviet Far East]. 1985–1996. Leningrad; Saint-Petersburg. V. 1–8. (In Russian)
34. *Andreev M., Kotlov Y., Makarova I.* 1996. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of the Russian Arctic. — The Bryologist. 99(2): 137–169.
<https://doi.org/10.2307/3244545>
35. Index Fungorum. 2008–2023. <https://indexfungorum.org>.
36. *Polozova T.G.* 2010. [Life forms of plants of the Chukotka tundra]. — In: Checklist of Flora of the Chukotkan Tundra. P. 47–50. (In Russian)
37. [Briefguide for geobotanical research in connection with protective afforestation and the creation of a stable forage base in the south of the European part of the USSR]. 1952. Moscow. 191 p. (In Russian)
38. *Syroechkovskij E.E.* 1986. [Northern reindeer]. Moscow. 255 p. (In Russian) 39.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ
THYMUS MONGOLICUS (LAMIACEAE)© 2023 г. Н. И. Гордеева¹, *, Е. Б. Таловская¹¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

*e-mail: nataly.gordeeva@gmail.com

Поступила в редакцию 31.12.2022 г.

После доработки 06.04.2023 г.

Принята к публикации 20.04.2023 г.

Исследованы особенности гинодиэзии *Thymus mongolicus* (Ronniger) Ronniger (Lamiaceae) — ценного лекарственного и пряно-ароматического растения в степных и луговых сообществах на территории Республики Тыва. Установлены статистически значимые различия между обоеполами и пестичными цветками *T. mongolicus* по трем морфологическим признакам: длина верхней губы венчика и длина тычиночных нитей верхних и нижних тычинок ($p < 0.05$). Длина верхней губы венчика обоеполого цветка в 1.3 раза больше, чем у пестичного цветка; длины тычиночных нитей верхних и нижних тычинок обоеполых цветков соответственно в 3.7 и 4.1 раза длиннее, чем длины верхних и нижних стаминодиев у пестичных цветков. Андроец пестичных цветков редуцирован до стаминодиев и не образует пыльцу. Встречаемость женских особей в ценопопуляциях незначительна и составляет 2.1–3.4% от общего числа генеративных особей. Женские особи выявлены не во всех фитоценозах. Размножение вегетативно-полуподвижного кустарничка *T. mongolicus* происходит как семенным, так и вегетативным путем. Анализ соотношения генет и рамет в ценопопуляции высокогорной петрофитной степи показал, что во всех онтогенетических группах значительно преобладают особи вегетативного происхождения: в целом, рамет в 3.7 раза больше, чем генет. Накопление прегенеративных и молодых генеративных особей происходит благодаря вегетативному способу размножения растений. В ценопопуляции остепненного луга распространению прегенеративных особей *T. mongolicus* препятствует сравнительно высокое проективное покрытие травостоя. По-видимому, очень низкая встречаемость женских особей *T. mongolicus* в природных популяциях связана с особенностями наследования и с малочисленностью прегенеративных особей семенного происхождения.

Ключевые слова: *Thymus mongolicus*, ценопопуляции, гинодиэзия, соотношение полов, генеты, раметы, Республика Тыва

DOI: 10.31857/S0033994623020061, **EDN:** ZMUCJR

Тимьян монгольский *Thymus mongolicus* (Ronniger) Ronniger (Lamiaceae) — ценное лекарственное и пряно-ароматическое растение; эфирные масла вида проявляют антибактериальную активность; надземная часть используется как пищевая добавка в приправах; вид имеет экологическую значимость как почвозакрепляющее растение [1]. Для многих видов рода *Thymus* (Lamiaceae) характерна гинодиэзия — система размножения растений, при которой популяции состоят из гермафродитных особей с обоеполыми цветками и женских особей с пестичными цветками [2–4]. Гинодиэзия обеспечивает перекрестное опыление, способствует аутбридингу и тем самым влияет на внутри- и межпопуляционную изменчивость видов. Известно, что гинодиэцичные виды рода *Thymus* различаются по встречаемости женских особей в ценопопуляции и по семенной продуктивности гермафродитных и женских особей

[2, 4–8]. Кроме того, у отдельных видов установлено значительное варьирование соотношения женских и гермафродитных особей: у *T. vulgaris* в разных местообитаниях встречаемость женских особей изменяется от 5 до 95%; у *T. serpyllum* L. — от 0 до 92% [9, 10]. По мнению Е.Е. Гогиной [3], половая дифференциация хорошо выражена у представителей *Thymus* с семенным способом размножения и гораздо слабее у видов, размножающихся преимущественно вегетативным путем. При исследовании гинодиэзии особый интерес представляют виды, у которых размножение происходит не только семенным, но и вегетативным путем. К таким растениям относится азиатский вид *T. mongolicus*, для которого характерно семенное и вегетативное размножение [11]. В литературе очень мало сведений о гинодиэзии у азиатских видов рода [7, 12]. У *T. mongolicus* гинодиэзия ранее не отмечалась.

Цель работы — исследование половой дифференциации и встречаемости женских особей *Thymus mongolicus* в природных местообитаниях Тувы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

T. mongolicus — вегетативно-полуподвижный кустарничек с ветвящимися ди- и трициклическими генеративными побегами; генеративные растения образуют куртину, состоящую из первичного и парциальных кустов [13, 14]. Вид встречается в основном по щебнистым и каменистым склонам, реже на песках, в составе петрофитных вариантов степных и лугово-степных сообществ Западной, Средней и Восточной Сибири, Амурской области и Приморского края, северо-восточных районов Казахстана, Монголии [11, 15, 16]. Соцветие *T. mongolicus* — тирс, состоящий из супротивно расположенных и сильно сближенных дихазиев [11].

Исследования проводились в 2021 г. в трех ценопопуляциях (ЦП) из разных местообитаний Республики Тыва. ЦП1 — закустаренная тимьяновая степь на песках (Центральная Тувинская котловина 51°34'55.6" N, 94°21'25.5" E), общее проективное покрытие фитоценоза (ОПП) — 30%, проективное покрытие (ПП) *T. mongolicus* — 15%. ЦП2 — закустаренный разнотравно-злаковый остепненный луг на опушке лиственнично-мелколистного леса (окр. с. Бельбей 51°18'26.4" N, 95°50'45.7" E), ОПП — 70%, ПП *T. mongolicus* — 20%. ЦП3 — овсецово-тонконоговая петрофитная высокогорная степь (р. Теректиг, хребет Западный Танну-Ола 50°31'55.6" N, 91°07'25.5" E), ОПП — 40%, ПП *T. mongolicus* — 5%.

Изучение половой дифференциации *T. mongolicus* проводили в ЦП1. Для выявления различий между женскими и гермафродитными особями выбраны три морфологических признака цветков: длина верхней губы венчика; длина тычиночных нитей верхних и нижних тычинок (обоеполый цветок) или длина верхних и нижних стаминодиев (пестичный цветок). Измерения длины частей цветков проводили с помощью окуляр-микрометра под бинокляром МБС-1 при увеличении 8 × 2. Выборка составляла: 50 цветков от 15 гермафродитных особей и 50 цветков от 15 женских особей. Рассчитаны средние значения признаков и коэффициенты их вариации. Статистически значимые различия морфологических признаков цветков оценивали по *U*-критерию Манна—Уитни ($p < 0.05$) [17].

Соотношение полов у генеративных особей *T. mongolicus* определяли в ЦП1 и ЦП2; в ЦП3 обнаружены только гермафродитные особи. Вид относится к вегетативно-полуподвижным растениям, поэтому в качестве счетной единицы у генеративных особей семенного происхождения (генеты)

принимали первичный куст или куртину; у генеративных особей вегетативного происхождения (раметы) — парциальный куст или систему парциальных кустов [11]. В каждой ценопопуляции подсчитывали все генеративные особи на площади 10–30 м², затем определяли долю женских особей от общего числа особей; число учитываемых особей составляло не менее 90 [18]. В высокогорной петрофитной степи ценопопуляция (ЦП3) была небольшая и поэтому просмотрены все генеративные особи. Для исследования семенного и вегетативного возобновления в ценопопуляциях изучали их онтогенетическую структуру по общепринятым методикам на прямоугольных площадях длиной 10 и шириной 1 м, которые разбивали на пробные площадки размером 1 м² [19]. Кроме того, в петрофитном сообществе в ЦП3 подсчитывали соотношение особей семенного и вегетативного происхождения [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование системы размножения *T. mongolicus* показало, что в ценопопуляциях встречаются и гермафродитные и женские особи. Обоеполые цветки зигоморфные: чашечка двугубая; венчик зигоморфный, спайнолепестный, двугубый; тычинки двусильные, приросшие к трубке венчика: 2 верхние и 2 нижние; гинецей однопестичный, состоит из двух плодолистиков. Обоеполый цветок характеризуется протандричностью. Пестичные цветки зигоморфные, по сравнению с обоеполыми цветками отличаются меньшими размерами и недоразвитым андроцеом. Наши исследования показали, что длина верхней губы венчика обоеполого цветка в 1.3 раза больше, чем у пестичного цветка (табл. 1). Андроцей пестичных цветков частично редуцирован, состоит из стаминодиев и не образует пыльцу. У обоеполых цветков тычиночные нити верхних тычинок в 3.7 раза, а нижних тычинок — в 4.1 раза длиннее, чем верхние и нижние стаминодии у пестичных цветков. У обоеполых цветков величины исследованных морфологических показателей имеют низкий коэффициент вариации; пестичные цветки отличаются более высокой вариабельностью длины стаминодиев (табл. 1). Результаты анализа по исследованным признакам цветков показали статистически значимые различия между обоеполыми и пестичными цветками (p от 0.0001 до 0.016). Наблюдаемые морфологические различия между половыми типами цветков на разных особях и отсутствие фертильной пыльцы у пестичных цветков характерны для гинодиэичных видов рода и свидетельствуют о наличии гинодиэии у *T. mongolicus*.

Исследование соотношения полов в ценопопуляциях показало, что женские особи *T. mongolicus* довольно редки и встречаются не во всех местообитаниях. Их встречаемость в ценопопуляциях

Таблица 1. Морфометрические показатели цветков гермафродитных и женских особей *Thymus mongolicus*
Table 1. Morphometric parameters of flowers of hermaphrodite and female individuals of *Thymus mongolicus*

Признаки, мм Features, mm	Половой тип Sexual type	Min–Max	$M \pm m$	C_v , %
Длина верхней губы венчика* Corolla upper lip length*	1	6.0–7.0	6.28 ± 0.04	4.5
	2	4.5–5.5	4.95 ± 0.05	7.0
Длина тычиночной нити верхней тычинки ¹ Upper stamen filament length ¹	1	3.2–4.3	3.52 ± 0.04	7.2
Длина верхнего стаминодия ^{2*} Upper staminode length ^{2*}	2	0.5–1.5	0.95 ± 0.04	29.6
Длина тычиночной нити нижней тычинки ¹ Lower stamen filament length ¹	1	3.7–4.8	4.23 ± 0.05	7.6
Длина нижнего стаминодия ^{2*} Lower staminode length ^{2*}	2	0.5–1.5	1.02 ± 0.04	32.4

Примечание. Половой тип цветка: 1 – обоеполый, 2 – пестичный. Min–Max – минимальный и максимальный размер, $M \pm m$ – среднее значение и ошибка среднего, C_v – коэффициент вариации. * – различия статистически значимы ($p < 0.05$).
 Note. Sexual type of flower: 1 – bisexual, 2 – pistillate. Min–Max – minimum and maximum size, $M \pm m$ – mean and error of mean, C_v – coefficient of variation. * – differences are statistically significant ($p < 0.05$).

Таблица 2. Соотношение полов и проективное покрытие *Thymus mongolicus* в фитоценозах
Table 2. Sex ratio and projective cover of *Thymus mongolicus* in phytocoenoses

ЦП CP	Число генеративных особей, шт. Number of generative individuals, pcs.	Гермафродитные особи, шт. Hermaphroditic individuals, pcs.	Женские особи, шт. Females, pcs.	ПП, % PC, % <i>T. mongolicus</i>	ОПП, % TPC, %
ЦП1 CP1	297	287 (96.6%)	10 (3.4%)	15	30
ЦП2 CP2	94	92 (97.9%)	2 (2.1%)	20	70
ЦП3 CP3	90	90 (100%)	0 (0%)	5	40

Примечание. ЦП – ценопопуляция. В скобках – % от общего числа генеративных особей. ПП – проективное покрытие *T. mongolicus*. ОПП – общее проективное покрытие.

Note. CP – coenopopulation. In parentheses – % of the total number of generative individuals. PC – projective cover of *T. mongolicus*. TPC – the total projective cover.

составляет 2.1–3.4% от общего числа генеративных особей (табл. 2). Кроме того, обнаружено, что женские особи отмечены в сообществах закусаренной тимьяновой песчаной степи (ЦП1) и остепненного луга (ЦП2), где вид доминирует: проективное покрытие составляет 15–20% и не найдены в сообществе петрофитной высокогорной степи (ЦП3) с довольно низким проективным покрытием вида (5%).

Для выяснения причин низкой доли женских особей в ценопопуляциях были исследованы особенности возобновления растений *T. mongolicus*.

Вид часто доминирует в степных и луговых фитоценозах, что свидетельствует о возможности успешного размножения и распространения [11]. Размножение особей вегетативно-полуподвижного кустарничка *T. mongolicus* происходит как семенным, так и вегетативным путем. Изучение онтогенетической структуры показало, что во всех трех ценопопуляциях *T. mongolicus* значительно преобладают прегенеративные и генеративные особи, процент старых постгенеративных особей намного ниже: прегенеративные особи (ювенильные, имматурные и виргинильные) составляют 33–38% от общего числа особей, генеративные

Таблица 3. Соотношение генет и рамет *Thymus mongolicus* в ценопопуляции ЦПЗ
Table 3. The ratio of genets to ramets in *Thymus mongolicus* from the coenopopulation CP3

Особи Individuals	Онтогенетические группы Ontogenetic groups								Всего особей, шт. Total number of individuals, pcs.
	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g₁</i>	<i>g₂</i>	<i>g₃</i>	<i>ss</i>	<i>s</i>	
Генеты Genets	—	$\frac{11}{5.4}$	$\frac{12}{5.8}$	$\frac{7}{3.4}$	$\frac{2}{1.0}$	$\frac{1}{0.5}$	$\frac{5}{2.5}$	$\frac{5}{2.4}$	$\frac{43}{21.1}$
Раметы Ramets	—	$\frac{22}{10.7}$	$\frac{42}{20.5}$	$\frac{45}{22.0}$	$\frac{4}{2.0}$	$\frac{5}{2.4}$	$\frac{29}{14.6}$	$\frac{14}{6.9}$	$\frac{161}{78.9}$

Примечание. Онтогенетические группы: *j* — ювенильная, *im* — имматурная, *v* — виргинильная, *g₁* — молодая генеративная, *g₂* — зрелая генеративная, *g₃* — старая генеративная, *ss* — субсенильная, *s* — сенильная.

*В числителе — число особей (шт.), в знаменателе — доля особей (%).

Note. Ontogenetic groups: *j* — juvenile, *im* — immature, *v* — virginal, *g₁* — young generative, *g₂* — mature generative, *g₃* — old generative, *ss* — subsenile, *s* — senile.

*In the numerator — the number of individuals (pcs.), in the denominator — the proportion of individuals (%).

особи 31–64%, сенильные и субсенильные — 0.9–26.4% [20]. Однако накопление прегенеративных и молодых генеративных особей в ЦП1 и ЦП3 происходит благодаря вегетативному способу размножения, семенное возобновление незначительно [20]. Проведенный анализ соотношения генет и рамет в ЦПЗ показал, что во всех онтогенетических группах значительно преобладают особи вегетативного происхождения: в целом, рамет в 3.7 раза больше, чем генет (табл. 3). Среди генеративных растений в ЦПЗ особей семенного происхождения насчитывалось в 5.4 раз меньше, чем особей вегетативного происхождения. В ЦП2 лугового сообщества условия произрастания для семенного возобновления более благоприятны, чем в степных сообществах из-за более высокого увлажнения, выровненного рельефа. Однако сравнительно высокое проективное покрытие травостоя в этом ценозе препятствует закреплению и распространению прегенеративных особей [20]. Мы предполагаем, что одна из причин низкой встречаемости женских особей *T. mongolicus* связана с высоким процентом отмирания прегенеративных особей семенного происхождения вследствие неблагоприятных условий биотопов (горный рельеф, континентальность климата, сравнительно высокое общее проективное покрытие травостоя).

Среди видов *Thymus* наиболее подробно исследована система размножения гинодиэичного *Thymus vulgaris*, который относится к вегетивно-неподвижным кустарничкам с семенным размножением [3, 21]. Этот вид характеризуется более высокой семенной продуктивностью женских особей по сравнению с гермафродитными особями. Как уже упоминалось выше, доля женских особей *T. vulgaris* в разных местообитаниях варьирует от 5 до 95% [9]. Генетические и молекулярные исследования позволили установить, что фенотипы *T. vulgaris* имеют комплексное определение пола:

множественные гены цитоплазматической мужской стерильности (митохондриальные) взаимодействуют с несколькими ядерными генами — восстановителями ядерной мужской фертильности [21–23]. Аллели цитоплазматической мужской стерильности тормозят развитие андроеца и определяют образование женского фенотипа. С другой стороны, аллели ядерных генов могут восстанавливать образование андроеца, и тогда фенотип проявляется как гермафродитный. Таким образом, результат взаимодействия между цитоплазматическим и ядерным геномами (генетический фактор) влияет на частоту женских особей в популяциях. По современным представлениям, возникновение и распространение женских особей связано с периодическим появлением в популяции аллелей цитоплазматической мужской стерильности. Последующее сохранение женских особей в популяции происходит благодаря их преимуществу в семенной продуктивности по сравнению с гермафродитами [21, 24]. Кроме генетических факторов на изменение соотношения полов в разных популяциях влияют экологические условия местообитаний [25]. Для объяснения значительного варьирования соотношения полов *T. vulgaris* в разных популяциях, была предложена модель стохастического типа гинодиэции, которая связана с генетическими популяционными механизмами: эффектом основателя, скоростью миграции и вероятностью локального вымирания [25, 26].

Наше исследование соотношения полов генеративных особей *T. mongolicus* показало, что даже при доминировании вида в фитоценозах встречаемость женских особей в ценопопуляции очень низкая (2.1–3.4%). Можно предположить, что аллели цитоплазматической мужской стерильности, ответственные за проявление женского фенотипа у *Thymus*, периодически возникают и в популяциях *T. mongolicus*. Об этом свидетельствует присутствие небольшого числа женских особей

в ценопопуляциях ЦП1 и ЦП2. Однако женские особи не могут заметно распространиться в популяциях, что вероятно связано с особенностями их наследования, а также с малочисленностью прегенеративных особей семенного происхождения (потомства) в ценопопуляциях вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования морфологии цветков тимьяна монгольского *Thymus mongolicus* (Ronniger) Ronniger (Lamiaceae) установлены статистически значимые различия между обоеполыми и пестичными цветками по трем морфологическим признакам: длина верхней губы венчика, длины тычиночных нитей верхней и нижней тычинок или стаминодиев (p от 0.0001 до 0.016). Андроец пестичных цветков *T. mongolicus* недоразвит, состоит из стаминодиев и не образует фертильную пыльцу. Для вида характерна гинодиэция.

Изучение соотношения полов генеративных особей в ценопопуляциях *T. mongolicus* показало, что встречаемость женских особей в степных и луговых сообществах незначительна и составляет 2.1–3.4% от общего числа генеративных особей. Женские особи не выявлены в петрофитной высокогорной степи. При исследовании особенностей возобновления растений обнаружено, что в

степных сообществах накопление прегенеративных и молодых генеративных особей происходит благодаря вегетативному способу размножения растений. Анализ соотношения генет и рамет в петрофитной высокогорной степи показал, что во всех онтогенетических группах значительно преобладают особи вегетативного происхождения. В луговом сообществе распространению особей вида препятствует сравнительно высокое проективное покрытие травостоя и конкуренция между растениями. Мы предполагаем, что очень низкая доля женских особей *T. mongolicus* в ценопопуляциях связана с генетическими особенностями наследования женских особей и высоким уровнем отмирания прегенеративных особей семенного происхождения (потомства) в исследованных местообитаниях. Несмотря на низкую встречаемость женских особей, гинодиэция влияет на увеличение генетического разнообразия в популяциях *T. mongolicus* и способствует адаптации вида к разным условиям биотопов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН № АААА-А21-121011290026-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дикорастущие полезные растения России*. 2001. СПб. 663 с.
2. Dommée B., Assouad M.W., Valdeyron G. 1978. Natural selection and gynodioecy in *Thymus vulgaris* L. — Bot. J. Linn. Soc. 77(1): 17–28.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1978.tb01369.x>
3. Гогина Е.Е. 1990. Изменчивость и формообразование в роде Тимьян. М. 208 с.
4. Thompson J.D., Rolland A.G., Prugnolle F. 2002. Genetic variation for sexual dimorphism in flower size within and between populations of gynodioecious *Thymus vulgaris*. — J. Evol. Biol. 15(3): 362–372.
<https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00407.x>
5. Гогина Е.Е. 1975. Род чабрец (тимьян) — *Thymus* L. — В кн.: Биологическая флора Московской области. Вып. 2. С. 137–168.
6. Manicacci D., Atlan A., Rossello J.A.E., Couvet D. 1998. Gynodioecy and reproductive trait variation in three *Thymus* species (Lamiaceae). — Int. J. Plant Sci. 159(6): 948–957.
<https://doi.org/10.1086/314085>
7. Гордеева Н.И., Пшеничкина Ю.А. 2013. Особенности половой дифференциации *Thymus marschallianus* (Lamiaceae) в условиях лесостепи Новосибирской области. — Раст. ресурсы. 49(3): 297–303.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19139453>
8. Демьянова Е.И. 2016. Половая структура популяций некоторых гинодиэцичных видов *Thymus* L. (Lamiaceae). — Вестник Пермского ун-та. Серия: Биология. 2: 96–101.
9. Belhassen E., Dommée B., Atlan A., Gouyon P.H., Pomente D., Assouad M.W., Couvet D. 1991. Complex determination of male sterility in *Thymus vulgaris* L.: genetic and molecular analysis. — Theor. Appl. Genet. 82(2): 137–143.
<https://doi.org/10.1007/BF00226204>
10. Stakelien Ė.V., Ložien Ė.K. 2014. Gynodioecy in *Thymus pulegioides* L., *T. serpyllum* L., and their hybrid *T. × oblongifolius* Opiz (Lamiaceae): Flower size dimorphism, female frequency, and effect of environmental factors. — Plant Biosyst. 148(1): 49–57.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2012.756435>

11. Talovskaya E.B., Cheryomushkina V.A. 2017. State of *Thymus* coenopopulations in the Southern Siberia. — Russ. J. Ecol. 2(3).
<https://doi.org/10.21685/2500-0578-2017-3-4>
12. Годин В.Н. 2011. Половой полиморфизм видов растений подкласса *Lamiidae* в Сибири. Обзор литературы. — Раст. мир Азиатской России. 2(8): 49–53.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17097627>
13. Колегова Е.Б. 2012. Жизненные формы видов рода *Thymus* L. в Республике Хакасия. — В сб.: Растительный мир и его охрана: Материалы международной научной конференции, посвященной 80-летию Института ботаники и фитоинтродукции. Алматы: LEM. С. 380–381.
14. Talovskaya E.B., Komarevtseva E.K. 2021. Development of the dwarf shrub *Thymus mongolicus* (Lamiaceae) in the conditions of Southern Siberia. — BIO Web Conf. 31: 00027.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100027>
15. Доронькин В.М. 1997. *Thymus* L. — тимьян, богородская трава. — В кн.: Флора Сибири. Ругоlaceae — Lamiaceae (Labiatae). Новосибирск. Т. 11. С. 205–220.
16. Клоков М.В. 1954. Род *Thymus* L. — В кн.: Флора СССР. Под ред. Б.К. Шишкина. М.; Л. Т. 21. С. 470–591.
17. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Перевод с англ. М. 1998. 459 с.
18. Asikainen E., Mutikainen P. 2003. Female frequency and relative fitness of females and hermaphrodites in gynodioecious *Geranium sylvaticum* (Geraniaceae). — Am. J. Botany. 90(2): 226–234.
<https://doi.org/10.3732/ajb.90.2.226>
19. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). 1976. М. 216 с.
20. Таловская Е.Б., Черемушкина В.А., Асташенков А.Ю., Гордеева Н.И. 2023. Состояние ценопопуляций *Thymus mongolicus* (Lamiaceae) в зависимости от экологических условий. — Бот. журн. 108(1): 3–12.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50434354>
21. Charlesworth D., Laporte V. 1998. The male-sterility polymorphism of *Silene vulgaris*: analysis of genetic data from two populations and comparison with *Thymus vulgaris*. — Genetics. 150(3): 1267–1282.
<https://doi.org/10.1093/genetics/150.3.1267>
22. McCauley D.E., Olson M.S., Emery S.N., Taylor D.L. 2000. Population Structure Influences Sex Ratio Evolution in a Gynodioecious Plant. — Am. Nat. 155(6): 814–819.
<https://doi.org/10.1086/303359>
23. Dufay M., Touzet P., Maurice S., Cuguen J. 2007. Modelling the maintenance of male-fertile cytoplasm in a gynodioecious population. — Heredity. 99(3): 349–356.
<https://www.nature.com/articles/6801009>
24. Mollion M., Ehlers B.K., Figuet E., Santoni S., Lenormand T., Maurice S., Galtier N., Bataillon T. 2018. Patterns of genome-wide nucleotide diversity in the gynodioecious plant *Thymus vulgaris* are compatible with recent sweeps of cytoplasmic genes. — Genome Biol. Evol. 10(1): 239–248.
<https://doi.org/10.1093/gbe/evx272>
25. Bailey M.F., Delph L.F. 2007. A field guide to models of sex-ratio evolution in gynodioecious species. — Oikos. 116(10): 1609–1617.
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15315.x>
26. Couvet D., Ronce O., Gliddon C. 1998. The maintenance of nucleocytoplasmic polymorphism in a metapopulation: the case of gynodioecy. — Am. Nat. 152(1): 59–70.
<https://doi.org/10.1086/286149>

Breeding System of *Thymus mongolicus* (Lamiaceae)

N. I. Gordeeva^a, *, E. B. Talovskaya^a

^aCentral Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

*e-mail: nataly.gordeeva@gmail.com

Abstract—*Thymus mongolicus* (Ronniger) Ronniger (Lamiaceae) is a valuable medicinal and aromatic plant. *T. mongolicus* is the implicitly polycentric dwarf shrub widely distributed in different environments of Tuva. The breeding system of *T. mongolicus* was studied in three steppe and meadow habitats. Statistically significant differences between bisexual and pistillate flowers of *T. mongolicus* were established based on three morphological features of the flower: the length of the upper lip of the corolla and the length of stamen filament of the upper and lower stamens (p 0.0001–0.016). The length of the upper lip of corolla of the bisexual flower is 1.3 times longer than that of the pistillate flower; the lengths of stamen filaments of upper and lower stamens of bisexual flowers are 3.7 and 4.1 times longer (respectively) than the length of staminodes of pistillate flowers. The stamens of the pistillate flowers are underdeveloped and do not form fertile pollen. The fre-

quency of females occurrence in coenopopulations is insignificant (2.1–3.4% of the total number of generative individuals), and females are absent in some phytocoenoses. Reproduction of *T. mongolicus* occurs both by seed and vegetatively. The distribution of *T. mongolicus* individuals by ontogenetic groups showed that both pregenerative individuals (33.0–38.1% of the total number of individuals) and generative individuals (31.2–63.7%) are well represented in cenopopulations. Analysis of the ratio of genets and ramets in the steppe petrophyte coenopopulation showed the significant predominance of the vegetative individuals in all ontogenetic groups: in general, there are 3.7 times more ramets than genets. In the meadow coenopopulation, the germination of seeds and the spread of generative individuals is prevented by the relatively high total projective cover of the herbage. It can be assumed that the low occurrence of *T. mongolicus* females is associated with a low seed renewal and specificity of offspring inheritance.

Keywords: *Thymus mongolicus*, gynodioecy, sex ratio, genets, ramets, coenopopulation, Republic of Tuva

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out within the framework of the State research assignment to the Central Siberian Botanical Garden, SB RAS № AAAA-A21-121011290026-9.

REFERENCES

1. [Wild useful plants of Russia.] 2001. St. Petersburg. 663 p. (In Russian)
2. Dommée B., Assouad M.W., Valdeyron G. 1978. Natural selection and gynodioecy in *Thymus vulgaris* L. — Bot. J. Linn. Soc. 77(1): 17–28. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1978.tb01369.x>
3. Gogina E.E. 1990. [Variability and morphogenesis in the genus *Thymus*]. Moscow. 208 p. (In Russian)
4. Thompson J.D., Rolland A.G., Prugnolle F. 2002. Genetic variation for sexual dimorphism in flower size within and between populations of gynodioecious *Thymus vulgaris*. — J. Evol. Biol. 15(3): 362–372. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00407.x>
5. Gogina E.E. 1975. [Genus thyme — *Thymus* L.]. — In: [Biological flora of the Moscow region.] V. 2. P. 137–168. (In Russian)
6. Manicacci D., Atlan A., Rossello J.A.E., Couvet D. 1998. Gynodioecy and reproductive trait variation in three *Thymus* species (Lamiaceae). — Int. J. Plant Sci. 159(6): 948–957. <https://doi.org/10.1086/314085>
7. Gordeeva N.I., Pshenichkina Yu.A. 2013. Sex differentiation of *Thymus marschallianus* (Lamiaceae) in the forest-steppe zone of Novosibirsk region. — Rastitelnye resursy. 49(3): 297–303. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19139453> (In Russian)
8. Demyanova E.I. 2016. Sexual structure of populations of some gynodiecic *Thymus* L. (Lamiaceae) species. — Bulletin of Perm University. Biology. 2: 96–101. <https://press.psu.ru/index.php/bio/article/view/1796> (In Russian)
9. Belhassen E., Dommée B., Allan A., Gouyon P.H., Pomente D., Assouad M.W., Couvet D. 1991. Complex determination of male sterility in *Thymus vulgaris* L.: genetic and molecular analysis. — Theor. Appl. Genet. 82(2): 137–143. <https://doi.org/10.1007/BF00226204>
10. Stakelien Ė.V., Ložien Ė.K. 2014. Gynodioecy in *Thymus pulegioides* L., *T. serpyllum* L., and their hybrid *T. × oblongifolius* Opiz (Lamiaceae): Flower size dimorphism, female frequency, and effect of environmental factors. — Plant Biosyst. 148(1): 49–57. <https://doi.org/10.1080/11263504.2012.756435>
11. Talovskaya E.B., Cheryomushkina V.A. 2017. State of *Thymus* coenopopulations in the Southern Siberia. — Russ. J. Ecol. 2(3). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2017-3-4>
12. Godin V.N. 2011. Sexual polymorphism in *Lamiidae* in Siberia. Review publications. — Flora and Vegetation of Asian Russia. 2(8): 49–53. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17097627> (In Russian)
13. Kolegova E.B. 2012. [Life forms of *Thymus* species in Khakasia]. — In: [The plants and their conservation. The international scientific conference]. Almaty. P. 380–381. (In Russian)
14. Talovskaya E.B., Komarevtseva E.K. 2021. Development of the dwarf shrub *Thymus mongolicus* (Lamiaceae) in the conditions of Southern Siberia. — BIO Web Conf. 31: 00027. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100027>
15. Doronkin V.M. 1997. [*Thymus* L.]. — In: [Flora of Siberia. Pyrolaceae — Lamiaceae (Labiatae)]. Novosibirsk. V. 11. P. 205–220. (In Russian)
16. Klovov M.V. 1954. [Genus *Thymus* L.]. — In: [Flora of the USSR]. Moscow; Leningrad. V. 21. P. 470–591. (In Russian)

17. Glantz S. 1998. Primer of biostatistics. Transl. from English. Moscow. 459 p.
<http://medstatistic.ru/articles/glantz.pdf> (In Russian)
18. Asikainen E., Mutikainen P. 2003. Female frequency and relative fitness of females and hermaphrodites in gynodioecious *Geranium sylvaticum* (Geraniaceae). — Am. J. Botany. 90(2): 226–234.
<https://doi.org/10.3732/ajb.90.2.226>
19. [Coenopopulations of plants (basic concepts and structure)]. 1976. Moscow. 216 p. (In Russian)
20. Talovskaya E.B., Cheryomushkina V.A., Astashenkov A.Yu., Gordeeva N.I. 2023. State of coenopopulations of *Thymus mongolicus* (Lamiaceae) depending on environmental conditions. — Botanicheskij Zhurnal. 108(1): 3–12.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50434354>
21. Charlesworth D., Laporte V. 1998. The male-sterility polymorphism of *Silene vulgaris*: analysis of genetic data from two populations and comparison with *Thymus vulgaris*. — Genetics. 150(3): 1267–1282.
<https://doi.org/10.1093/genetics/150.3.1267>
22. McCauley D.E., Olson M.S., Emery S.N., Taylor D.L. 2000. Population Structure Influences Sex Ratio Evolution in a Gynodioecious Plant. — Am. Nat. 155(6): 814–819.
<https://doi.org/10.1086/303359>
23. Dufay M., Touzet P., Maurice S., Cuguen J. 2007. Modelling the maintenance of male-fertile cytoplasm in a gynodioecious population. — Heredity. 99(3): 349–356.
<https://www.nature.com/articles/6801009>
24. Mollion M., Ehlers B.K., Figuet E., Santoni S., Lenormand T., Maurice S., Galtier N., Bataillon T. 2018. Patterns of genome-wide nucleotide diversity in the gynodioecious plant *Thymus vulgaris* are compatible with recent sweeps of cytoplasmic genes. — Genome Biol. Evol. 10(1): 239–248.
<https://doi.org/10.1093/gbe/evx272>
25. Bailey M.F., Delph L.F. 2007. A field guide to models of sex-ratio evolution in gynodioecious species. — Oikos. 116(10): 1609–1617.
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15315.x>
26. Couvet D., Ronce O., Gliddon C. 1998. The maintenance of nucleocytoplasmic polymorphism in a metapopulation: the case of gynodioecy. — Am. Nat. 152(1): 59–70.
<https://doi.org/10.1086/286149>

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОСОБЕЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ *PLANTAGO MAXIMA* (PLANTAGINACEAE) НА ЮГЕ СИБИРИ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

© 2023 г. А. В. Пименов¹, *, С. П. Ефремов¹, Т. С. Седельникова¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН — обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

*e-mail: pimenov@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 08.11.2022 г.

После доработки 24.03.2023 г.

Принята к публикации 07.04.2023 г.

Представлены результаты изучения фитоценотической приуроченности, морфологических особенностей и продуктивности подорожника наибольшего (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) в типичных пойменных ландшафтах юга Сибири. Объектами исследования послужили ценопопуляции *P. maxima*, произрастающие на естественных и мелиорированных участках долины р. Белый Июс в Ширинском и Орджоникидзевском р-нах Республики Хакасия. Продуктивность *P. maxima* в контрастных экологических условиях в сообществах со значимым долевым участием вида составляет 8.2 ± 0.58 ц/га воздушно-сухой и 7.7 ± 0.54 ц/га — абсолютно-сухой надземной массы. Долевое участие *P. maxima* в общей фитомассе варьирует от 5 до 15% в мезофитных ассоциациях с высоким видовым разнообразием на хорошо дренированных почвах и от 40 до 80% в ксерофитных ассоциациях, приуроченных к буграм с песчаным, песчано-щебнистым или галечно-песчаным субстратами. У экземпляров *P. maxima* в более влажных условиях произрастания увеличиваются размеры и вариабельность вегетативных органов, а в более сухих местопроизрастаниях, напротив, возрастают размеры и изменчивость генеративных структур.

Ключевые слова: *Plantago maxima*, травянистые ассоциации, морфологические параметры, продуктивность, Южная Сибирь

DOI: 10.31857/S0033994623020097, **EDN:** ZNLCRE

Подорожник наибольший (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) — евроазиатский вид, ареал которого простирается от Средней Европы до Западного Китая; приурочен, главным образом, к солонцеватым, заболоченным и остепненным лугам, долинам рек [1]. Являясь доминантом и содоминантом травянистых ассоциаций пойменных ландшафтов, *P. maxima* выполняет значимые фитоценотические функции, имеет лекарственное значение: листья применяются в народной медицине в качестве ранозаживляющего, детоксицирующего, противовоспалительного и мочегонного средства, для лечения заболеваний ЖКТ и верхних дыхательных путей [2]. В результате исследований биологически активных веществ *P. maxima* выявлены уникальные комплексы полифенольных соединений и иридоидов [3–5]. Высокое содержание дубильных веществ, локализованных большей частью в паренхимной обкладке проводящих пучков листа, позволяет отнести исследуемый вид к группе танидиеносных растений [6, 7]. При культивировании *P. maxima* отличается холодостойкостью, засухоустойчивостью и высокими декоративными качествами [8].

Мозаичный ареал *P. maxima* и высокая антропогенная уязвимость местообитаний определяют его редкость, а в отдельных регионах и охраняемый статус [9]. В отличие от рудеральных и синантропных видов рода *Plantago* L. (*P. major* L., *P. lanceolata* L. и др.), исследования морфологии и продуктивности *P. maxima* крайне немногочисленны и связаны, главным образом, с периферийными популяциями на западной и северной границах ареала [8, 10, 11]. В Южной Сибири, где сохранились крупные популяции *P. maxima*, биоэкологические исследования вида до настоящего времени не проводились. В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение фитоценотических, морфологических особенностей и продуктивности *P. maxima* в ценопопуляциях типичных пойменных ландшафтов юга Сибири на территории Республики Хакасия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал для исследования собрали в июле 2016 г. на естественных и мелиорированных участках поймы р. Белый Июс в Ширинском и



Рис. 1. Карта района исследований ценопопуляций *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. (в пределах эллиптического контура) на участках поймы р. Белый Июс в Ширинском и Орджоникидзевском районах Республики Хакасия.

Fig. 1. Map of *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. cenopopulations study area (within the elliptic contour) in the floodplain of the Bely Iyus River in the Shirinsky and Ordzhonikidzevsky districts of the Republic of Khakassia.

Орджоникидзевском р-нах Республики Хакасия (см. рис. 1). На исследуемой территории в 1970-х гг. были осуществлены работы по выравниванию поверхности почвы и прокладке ирригационных каналов. В результате сформировался ландшафт с высоко мозаичным эдафическим фоном, где наблюдается большое разнообразие травянистых ассоциаций, существенно различающихся между собой по видовому составу и продуктивности. На отдельных участках низкой поймы присутствуют деревья и кустарники: одиночные экземпляры *Populus laurifolia* Ledeb., куртины *Salix rosmarinifolia* L. и *S. pentandra* L. Ценопопуляции *Plantago maxima* вносят значительный вклад в структуру и продуктивность ряда луговых и кустарниковых ассоциаций.

В методическом отношении работу проводили в 3-х направлениях:

1. Анализ видового разнообразия и продуктивности ассоциаций, в состав которых входит *P. maxima*. При обследовании территории маршрутно-полевым методом использовали результаты ранее проведенных в изучаемом регионе исследований, известные методики геоботанических описаний [12–15]. Работы по определению урожайности травостоев проводили укосным мето-

дом (на 3-х площадках размером 1×1 м в каждой из анализированных ассоциаций). Взвешивание осуществлялось непосредственно после укоса (сырая фитомасса), а также после дифференциации по видам и высушивания (воздушно- и абсолютно-сухая фитомасса). Номенклатура сосудистых растений приведена по С.К. Черепанову [16].

2. Изучение ценопопуляционного аспекта индивидуальной морфологической изменчивости особей *P. maxima*. В 3-х ассоциациях с контрастным эдафическим фоном отбирали по 13 растений методом случайной выборки. В камеральных условиях у этих растений определяли 9 морфометрических показателей: количество листьев на одно растение; длина листовой пластинки, см; ширина листовой пластинки, см; число жилок листовой пластинки; количество генеративных побегов у одного растения; длина стебля генеративного побега, см; длина соцветия (колоса), см; площадь поверхности одного листа, см^2 ; площадь листовой поверхности всего растения, см^2 .

3. Оценка региональной специфичности в морфологии и продуктивности *P. maxima*. На площади в несколько гектаров, включающей различные ассоциации, были выкопаны и целиком высушены до воздушно-сухого состояния 35 расте-

ний с типичным для каждой из ассоциаций габитусом. В камеральных условиях у них были исследованы 12 морфометрических и весовых показателей: диаметр шейки корня, см; количество прикорневых розеток в одном растении; количество листьев у одного растения; количество генеративных побегов у одного растения; длина стеблевой части генеративного побега, см; длина соцветия (колоса), см; диаметр соцветия (колоса), см; надземная масса всего растения, г; масса листовых черешков одного растения, г; масса листовых пластинок одного растения, г; масса стеблевой части генеративных побегов одного растения, г; масса соцветий (колосьев) одного растения, г.

Взвешивание растительных образцов проводили на электронных весах MW-II Series. Первичные данные обработаны статистически [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое разнообразие и продуктивность ассоциаций, в состав которых входит Plantago maxima. На обследованной территории поймы р. Белый Июс *P. maxima* встречается в следующих ассоциациях:

1) Щавелево-разнотравная, включающая *Rumex pseudonatronatus* (Borbas) Borbas ex Murb., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Agrostis gigantea* (Roth) Jir., *Allium schoenoprasum* L., *Artemisia laciniata* Willd., *Ranunculus propinquus* C.A. Mey., *Plantago maxima*, *Plantago media* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Hemerocallis lilio-asphodelus* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Potentilla anserina* L., *Vicia cracca* L., *Galium boreale* L., *Galium verum* L., *Poa pratensis* L., *Juncus gerardii* Loisel., *Lysimachia vulgaris* L., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Tragopogon orientalis* L. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 100%, число ярусов — 4 (максимальная высота растений — 1–1.2 м, минимальная — 12–15 см), продуктивность 517 ± 38.2 г/м² воздушно-сухой массы.

2) Луково-разнотравная, включающая *Allium schoenoprasum*, *Allium anisopodium* Ledeb., *Sanguisorba officinalis*, *Achillea impatiens* L., *Galium boreale*, *Filipendula ulmaria*, *Rumex pseudonatronatus*, *Hemerocallis lilio-asphodelus*, *Plantago major* L., *Plantago maxima*, *Artemisia laciniata*, *Equisetum pratense* Ehrh., *Galium verum*, *Ranunculus propinquus*, *Lysimachia vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca*, *Agropyron cristatum*, *Iris lactea* Pall., *Cirsium esculentum* (Sev.) C.A. Mey. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 100%, число ярусов — 3 (максимальная высота растений — 1 м, минимальная — 20–30 см), продуктивность 476 ± 29.3 г/м² воздушно-сухой массы.

3) Лабазниково-разнотравная, включающая *Filipendula ulmaria*, *Hemerocallis lilio-asphodelus*, *Plantago maxima*, *Allium schoenoprasum*, *Galium boreale*, *Galium verum*, *Rumex pseudonatronatus*, *Sanguisorba*

officinalis, *Thalictrum simplex* L., *Lythrum virgatum* L., *Potentilla anserina*, *Ranunculus propinquus*, *Vicia cracca*, *Bromopsis inermis*, *Agrostis gigantea*, *Equisetum pratense*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Achillea impatiens*. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 100%, число ярусов — 4 (максимальная высота растений — 1.4 м, минимальная — 10–15 см), продуктивность 564 ± 38.8 г/м² воздушно-сухой массы.

4) Красоднево-луковая, включающая *Allium schoenoprasum*, *Hemerocallis lilio-asphodelus*, *Sanguisorba officinalis*, *Potentilla anserina*, *Plantago major*, *Trifolium lupinaster* L., *Plantago maxima*, *Thalictrum minus* L., *Galium boreale*, *Galium verum*, *Vicia cracca*. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 100%, число ярусов — 3 (максимальная высота растений — 70–80 см, минимальная — 15–20 см), продуктивность 386 ± 26.4 г/м² воздушно-сухой массы.

5) Щавелево-подорожниковая, включающая *Plantago maxima*, *Rumex pseudonatronatus*, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Achillea impatiens*, *Sanguisorba officinalis*, *Artemisia laciniata*, *Allium schoenoprasum*, *Goniolimon speciosum* (L.) Boiss., *Thermopsis lanceolata* R. Br., *Scabiosa ochroleuca* L. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 90%, число ярусов — 2 (максимальная высота растений — 50–60 см, минимальная — 10–15 см), продуктивность 194 ± 12.6 г/м² воздушно-сухой массы.

5) Настоящеподмаренниковая, включающая *Galium verum*, *Plantago maxima*, *Rumex pseudonatronatus*, *Anthemis tinctoria* L., *Artemisia laciniata*, *Geranium pratense* L., *Achillea impatiens*, *Galium boreale*, *Equisetum pratense*. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 90%, число ярусов — 2 (максимальная высота растений — 60–70 см, минимальная — 15–20 см), продуктивность 172 ± 18.2 г/м² воздушно-сухой массы.

6) Термопсисовая, включающая *Thermopsis lanceolata*, *Vicia cracca*, *Elytrigia repens*, *Bromopsis inermis*, *Plantago maxima*, *Artemisia laciniata*, *Bupleurum scorzonifolium* Willd., *Ranunculus propinquus*, *Geranium pratense*, *Galium verum*, *Trifolium lupinaster*, *Dianthus superbus* L., *Rumex thyrsoflorus* Fingerh. Характеристики ассоциации: общее проективное покрытие 90%, число ярусов — 2 (максимальная высота растений — 50–60 см, минимальная — 15–20 см), продуктивность 156 ± 23.1 г/м² воздушно-сухой массы.

Долевое участие *Plantago maxima* составляет 5–15% общей фитомассы в мезофитных ассоциациях (щавелево-разнотравной, луково-разнотравной, лабазниково-разнотравной, красоднево-луковой) с высоким видовым разнообразием, распространенных на хорошо дренированных почвах с интенсивно гумусированным супесчано-суглинистым корнеобитаемым слоем глубиной 2–25 см. В более ксерофитных условиях произрастания,

Таблица 1. Изменчивость морфометрических характеристик *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. в ценопопуляциях экотопически контрастных ассоциаций**Table 1.** Variability of morphometric characteristics of *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. in coenopopulations of contrasting ecotopes

Характеристики Characteristics	Щавелево- подорожниковая ассоциация Sorrel–plantain association			Настоящеподмаренниковая ассоциация Yellow bedstraw association			Луково-разнотравная ассоциация Onion–forb association		
	<i>n</i>	$M \pm m$	$C_V, \%$	<i>n</i>	$M \pm m$	$C_V, \%$	<i>n</i>	$M \pm m$	$C_V, \%$
Количество листьев у одного растения, шт. Number of leaves per plant, pcs.	13	6.0 ± 0.64	38.5	13	6.6 ± 1.05	57.3	13	4.0 ± 0.62	56.0
Длина листовой пла- стинки, см Length of leaf blade, cm	78	11.4 ± 0.25	19.2	86	15.0 ± 0.44	27.5	53	14.8 ± 0.62	30.3
Ширина листовой пла- стинки, см Width of leaf blade, cm	78	6.3 ± 0.22	31.4	86	8.3 ± 0.31	34.8	53	7.7 ± 0.41	39.2
Число жилок листовой пластинки, шт. Number of leaf blade veins, pcs.	78	9.1 ± 0.17	16.1	86	10.8 ± 0.16	13.4	53	9.7 ± 0.17	12.5
Количество генеративных побегов у одного расте- ния, шт. Number of generative shoots per plant, pcs	13	2.3 ± 0.38	60.0	13	2.4 ± 0.38	57.9	13	1.1 ± 0.08	25.4
Длина стеблевой части генеративного побега, см Length of the generative shoot stalk, cm	30	45.0 ± 1.05	12.8	31	59.4 ± 1.20	11.3	14	57.8 ± 1.82	11.8
Длина соцветия (колоса), см Length of the inflorescence (spike), cm	30	7.5 ± 0.32	23.6	31	8.7 ± 0.29	18.4	14	7.5 ± 0.26	12.9
Площадь поверхности одного листа, см ² Single leaf blade area, cm ²	78	52.6 ± 2.73	45.8	86	83.1 ± 4.86	53.9	53	82.2 ± 6.37	55.9
Площадь листовой поверхности всего расте- ния, см ² Total leaf area per plant, cm ²	13	315.9 ± 36.10	41.2	13	550.8 ± 77.46	50.7	13	319.0 ± 46.90	53.0

Примечание: *n* – объем выборки, шт.; *M* – среднее значение; *m* – ошибка среднего значения; $C_V, \%$ – коэффициент вариации.
 Note: *n* – sample size, pcs.; *M* – mean; *m* – error of mean; $C_V, \%$ – coefficient of variation.

приуроченных к буграм с песчаным, песчано-щебнистым или галечно-песчаным субстратами и корнеобитаемым слоем глубиной до 30–35 см (настоящеподмаренниковая и термописовая ассоциации) участие *Plantago maxima* возрастает до 40–50% и достигает максимальных величин (до

80%) на отдельных участках щавелево-подорожниковой ассоциации. В целом в районе исследований в сообществах со значимым долевым участием *P. maxima* его продуктивность составляет 82 ± 5.8 г/м² воздушно-сухой массы и 77 ± 5.4 г/м² – абсолютно-сухой массы.

Таблица 2. Достоверность различий (значения парного *t*-критерия Стьюдента) между различными ценопопуляциями *Plantago maxima* Juss. ex Jacq.**Table 2.** Significance of difference (paired Student's *t*-test) between *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. cenopopulations

Характеристики Characteristics	Сравниваемые ценопопуляции Compared coenopopulations		
	I/II	I/III	II/III
Количество листьев у одного растения, шт. Number of leaves per plant, pcs.	0.69	3.17*	3.02*
Длина листовой пластинки, см Length of leaf blade, cm	6.89*	5.78*	0.27
Ширина листовой пластинки, см Width of leaf blade, cm	5.12*	3.21*	1.16
Число жилок листовой пластинки, шт. Number of leaf blade veins, pcs.	7.46*	2.46*	4.63*
Количество генеративных побегов у одного растения, шт. Number of generative shoots per plant, pcs	0.26	4.35*	4.68*
Длина стеблевой части генеративного побега, см Length of the generative shoot stalk, cm	9.00*	6.48*	0.74
Длина соцветия (колоса), см Length of the inflorescence (spike), cm	2.78*	0.00	2.59*
Площадь поверхности одного листа, см ² Single leaf blade area, cm ²	5.35*	4.80*	0.11
Площадь листовой поверхности всего растения, см ² Total leaf area per plant, cm ²	3.89*	0.07	3.62*

Примечание: I – щавелево-подорожниковая, II – настоящеподмаренниковая, III – луково-разнотравная ассоциации. * – отмечены значения, соответствующие достоверному уровню различий при $p = 0.95$.

Note: I – sorrel–plantain, II – yellow bedstraw, III – onion–forb associations. * – values of statistically significant difference at $p = 0.95$.

Ценопопуляционный аспект индивидуальной морфологической изменчивости Plantago maxima. Анализ изменчивости морфометрических характеристик *P. maxima* проводился на примере 3-х экотопически контрастных ассоциаций: луково-разнотравной, настоящеподмаренниковой и щавелево-подорожниковой, условно квалифицируемых соответственно как мезофитная, мезо-ксерофитная и ксерофитная (табл. 1). Интерпретация различий морфологической изменчивости в указанных выборках осуществлялась на основании значений парного *t*-критерия Стьюдента (табл. 2).

Установлено, что более высокий уровень изменчивости количества, линейных размеров и площади листьев *P. maxima* наблюдается в наиболее увлажненной – луково-разнотравной ассоциации. Обратная тенденция наблюдается в отношении генеративных органов. Изменчивость количества генеративных побегов, длины стеблевой части генеративных побегов и колосьев выше в более ксерофитных условиях произрастания: в настоящеподмаренниковой и особенно – в щавелево-подорожниковой ассоциациях. Таким образом, в исследованном районе у *P. maxima* при повыше-

нии увлажнения увеличивается изменчивость вегетативных органов, а при ксерофитизации, напротив – генеративных.

Выявлены существенные различия по количеству листьев у *P. maxima* в луково-разнотравной ассоциации (минимальное значение) и в двух других более ксерофитных ассоциациях, в которых долевое участие этого вида выше. Вместе с тем минимальные размеры листьев *P. maxima* (длина, ширина и площадь поверхности одного листа) характерны для одной из ксерофитных ассоциаций – щавелево-подорожниковой, где плотность группировок *P. maxima* максимальна в сравнении с другими ассоциациями (15–20 растений на 1 м²). Максимальная листовая поверхность всего растения отмечается в настоящеподмаренниковой ассоциации с шахматно-мозаичным типом пространственной структуры ценопопуляции *P. maxima* (3–5 растений на 1 м²) и выраженной ксерофитностью условий местообитания, определяющей низкий уровень конкуренции со стороны мезофитных видов трав, доминирующих в сопредельных более увлажненных экотопах. Примечательно в связи с этим, что в эдафически максимально контрастных ассоциациях – щаве-

Таблица 3. Изменчивость морфологии и продуктивности *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. с типичным для района исследований габитусом**Table 3.** Variability in morphology and productivity of *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. with habit typical for the study area

Характеристики Characteristics	Статистические показатели Statistical indicators		
	$M \pm m$	lim	$C_V, \%$
Диаметр шейки корня*, см Root collar diameter*, cm	2.5 ± 0.16	1.5–6.0	37.6
Количество прикорневых розеток в одном растении*, шт. Number of basal rosettes per plant*, pcs.	1.5 ± 0.13	1.0–4.0	52.0
Количество листьев у одного растения*, шт. Number of leaves per plant*, pcs.	11.0 ± 0.88	5.0–28.0	47.3
Количество генеративных побегов у одного растения*, шт. Number of generative shoots per plant*, pcs.	4.2 ± 0.44	1.0–12.0	61.5
Длина стеблевой части генеративного побега**, см Length of the generative shoot stalk**, cm	60.8 ± 0.89	33–86	17.7
Длина соцветия (колоса)**, см Length of the inflorescence (spike)**, cm	11.4 ± 0.25	4–23	26.9
Диаметр соцветия (колоса)**, см Inflorescence (spike) diameter**, cm	1.0 ± 0.01	0.6–1.3	7.1
Масса листовых черешков у одного растения*, г Total leaf petiole weight per plant*, g	5.1 ± 0.31	2.1–11.6	36.2
Масса листовых пластинок у одного растения*, г Total leaf weight per plant*, g	13.4 ± 0.88	6.6–32.8	38.3
Масса стеблевой части генеративных побегов у одного растения*, г Total generative shoot stalk weight per plant*, g	8.7 ± 0.93	2.5–28.4	63.7
Масса соцветий (колосьев) у одного растения*, г Total inflorescences (spikes) weight per plant*, g	5.6 ± 0.76	1.1–22.8	79.9
Надземная фитомасса всего растения*, г Above-ground phytomass per plant*, g	33.0 ± 2.52	17.4–79.8	44.5

Примечание: * – выборка 35 шт.; ** – выборка 146 шт.; M – среднее значение; m – ошибка среднего значения; lim – минимальное и максимальное значение; $C_V, \%$ – коэффициент вариации.

Note: * – sample of 35 pcs.; ** – sample 146 pcs.; M – mean; m – error of mean; lim – the minimum and maximum value; $C_V, \%$ – coefficient of variation.

лево-подорожниковой и луково-разнотравной с соответственно моно- и поливидовым вариантами пространственной структуры загущенного типа, площадь листовой поверхности у растений подорожника практически не отличалась.

По параметрам генеративных структур *P. maxima* в исследованных ассоциациях также имеются определенные различия. Так, длина стеблевой части генеративного побега, аналогично с размерами листьев, значительно больше в настоящеподмаренниковой и луково-разнотравной ассоциациях по сравнению с щавелево-подорожниковой. Количество генеративных побегов у одного растения является максимальным в ксерофитных ассоциациях – настоящеподмаренниковой и щавелево-подорожниковой, двукратно превышая соответствующее значение в мезофитной луково-разно-

травной ассоциации. Длина соцветия (колоса) максимальна в наиболее ксерофитной – настоящеподмаренниковой ассоциации.

Региональная специфичность в морфологии и продуктивности Plantago maxima.

Выявленные в результате настоящего исследования особенности морфологии и продуктивности *P. maxima* в типичных для вида экотопах юга Сибири (табл. 3) в целом соответствуют значениям, указанным в таксономических и региональных сводках [1, 8, 10, 11, 15]. Вместе с тем проведенное нами морфометрическое исследование свидетельствует, что для большинства включенных в анализ признаков характерна высокая изменчивость. Исключением являются два метрических показателя генеративных органов – диаметр соцветия и длина стеблевой части генеративного

побега, отличающихся соответственно низкой ($C_V = 7.1\%$) и средней ($C_V = 17.7\%$) изменчивостью. При этом наиболее высокая изменчивость также характерна для параметров генеративных органов — количества генеративных побегов ($C_V = 61.5\%$), варьирующего от 1 до 12 шт. и, очевидно, ассоциированных с ним весовых показателей — массы стеблевой части генеративных побегов ($C_V = 63.7\%$) и массы соцветий ($C_V = 79.9\%$). Доля генеративных органов в надземной фитомассе растения составляет $\approx 43\%$, в т. ч. $\approx 25\%$ приходится на стеблевую часть генеративных побегов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В типичных для юга Сибири пойменных ландшафтах на естественных и мелиорированных участках долины р. Белый Июс в Ширинском и Орджоникидзевском р-нах Республики Хакасия определена продуктивность ценопопуляций подорожника наибольшего (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.), составляющая для ассоциаций со значимым участием вида 8.2 ± 0.58 ц/га воздушно-сухой и 7.7 ± 0.54 ц/га — абсолютно-сухой надзем-

ной массы. В мезофитных фитоценозах с высоким видовым разнообразием на хорошо дренированных почвах доля участия *P. maxima* составляет 5–15% от общей фитомассы. В растительных сообществах более ксерофитных условий произрастания, приуроченных к буграм с песчаным, песчано-щебнистым или галечно-песчаным субстратами, участие подорожника наибольшего возрастает до 40–50% (максимально до 80%) от общей фитомассы. В ценопопуляциях *P. maxima*, произрастающих на хорошо увлажненных участках, повышаются размеры и возрастает изменчивость вегетативных органов растений. В ксерофитных условиях растения в ценопопуляциях *P. maxima*, напротив, характеризуются большими размерами и более высокой изменчивостью генеративных органов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КНЦ СО РАН по теме “Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири” № FWES-2021-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. — Планта́риум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. 2007–2023. <https://www.plantarium.ru/page/view/item/28588.html>
2. Махлаюк В.П. 1992. Лекарственные растения в народной медицине. М. 478 с.
3. Tinkov A.A., Nemereshina O.N., Popova E.V., Polyakova V.S., Gritsenko V.A., Nikonorov A.A. 2014. *Plantago maxima* leaves extract inhibits adipogenic action of a high-fat diet in female Wistar rats. — Eur. J. Nutr. 53(3): 831–842. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0587-6>
4. Немерешина О.Н., Никонов А.А., Тиньков А.А., Малкова Т.Л. 2016. Исследование химического состава надземной части *Plantago maxima* методом газовой хроматографии с масс-селективной детекцией. — Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 6: 44–48. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26486631>
5. Ma L.L., Wang L.L., Zhang Y.F., Jiang X.F., Zhu X.L., Pan K., Wan C.X., Zhou Z.B. 2019. A new chlorine-containing iridoid glycoside from *Plantago maxima*. — Nat. Prod. Res. 35(9): 1491–1496. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1655410>
6. Машковский М.Д. 2008. Лекарственные средства. М. 1206 с.
7. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Филиппова А.В. 2019. Локализация дубильных веществ в растениях сем. Plantaginaceae Juss. степной зоны Оренбуржья. — Изв. Оренбургского государственного аграрного университета. 76(2): 87–89.
8. Дедюхина О.Н. 2008. Особенности семенного размножения и начальные этапы онтогенеза подорожника наибольшего (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) при интродукции в Ботаническом саду Удмуртского государственного университета. — Вестник Удмуртского университета. 2: 125–130.
9. Красная книга Удмуртской Республики: Сосудистые растения, лишайники, грибы. 2001. Ижевск. 290 с.
10. Tzonev R., Karakiev T. 2007. *Plantago maxima* (Plantaginaceae): a relict species new for the Bulgarian flora. — Phytologia Balcanica. 13(3): 347–350.
11. Kovács Z., Barabás S., Höhn M. 2018. Germination study of the giant plantain (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.). — Botanikai Közlemények. 105(2): 243–252. (In Hungarian) <https://doi.org/10.17716/BotKozlem.2018.105.2.243>
12. Полевая геоботаника. 1972. Л. 336 с.
13. Воронов А.Г. 1973. Геоботаника. М. 384 с.
14. Растительный покров Хакасии. 1976. Новосибирск. 423 с.
15. Определитель растений юга Красноярского края. 1979. Новосибирск. 638 с.
16. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. 990 с.
17. Зайцев Г.Н. 1990. Математика в экспериментальной ботанике. М. 296 с.

Individual Morphometric Characters and Productivity of *Plantago maxima* (Plantaginaceae) in the South Siberia (Republic of Khakassia)

A. V. Pimenov^{a, *}, S. P. Efremov^a, T. S. Sedel'nikova^a

^aFederal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

*e-mail: pimenov@ksc.krasn.ru

Abstract—Phytocoenotic and morphological features, as well as the productivity of the giant plantain (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) in typical floodplain landscapes of southern Siberia were studied. The coenopopulations of *P. maxima* growing in natural and reclaimed areas of the Bely Iyus River valley in the Shirinsky and Ordzhonikidzevsky districts of the Republic of Khakassia were assessed. Under contrasting environmental conditions, in associations with significant share of *P. maxima* its productivity was $8.2 \pm \pm 0.58 \text{ kg} \times 10^2/\text{ha}$ of air-dry, and $7.7 \pm 0.54 \text{ kg} \times 10^2/\text{ha}$ of oven dry aboveground phytomass. *P. maxima* share of the total phytomass varies from 5 to 15% in mesophytic associations with high species diversity on well-drained soils, and from 40 to 80% in xerophytic associations confined to mounds with sandy, sandy-gravelly or pebbly sandy soils. In *P. maxima*, the size and variability of vegetative organs increase in plants growing in more moist environments, while in drier habitats, the generative structures increase in the size and variability.

Keywords: *Plantago maxima*, Southern Siberia, herbaceous associations, cenopopulations, morphological variability, productivity

ACKNOWLEDGMENTS

The research was funded by the state assignment of FRC KSC SB RAS: “Functional-dynamic indication of the biodiversity of Siberian forests” (№ FWES-2021-0009).

REFERENCES

1. *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. — In: Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. 2007–2023. <https://www.plantarium.ru/page/view/item/28588.html>
2. Makhlayuk V.P. 1992. [Medicinal plants in folk medicine]. Moscow. 478 p. (In Russian)
3. Tinkov A.A., Nemereshina O.N., Popova E.V., Polyakova V.S., Gritsenko V.A., Nikonorov A.A. 2014. *Plantago maxima* leaves extract inhibits adipogenic action of a high-fat diet in female Wistar rats. — Eur. J. Nutr. 53(3): 831–842. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0587-6>
4. Nemerishina O.N., Nikonorov A.A., Tinkov A.A., Malkova T.L. 2016. Study of the chemical composition of the aerial parts of *Plantago maxima* by gas chromatography mass spectrometry. — Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 6: 44–48. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26486631> (In Russian)
5. Ma L.L., Wang L.L., Zhang Y.F., Jiang X.F., Zhu X.L., Pan K., Wan C.X., Zhou Z.B. 2019. A new chlorine-containing iridoid glycoside from *Plantago maxima*. — Nat. Prod. Res. 35(9): 1491–1496. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1655410>
6. Mashkovskiy M.D. 2008. [Medicinal products]. Moscow. 1206 p. (In Russian)
7. Nemereshina O.N., Gusev N.F., Filippova A.V. 2019. [Localization of tannins in plants of Plantaginaceae Juss. family in steppe zone of the Orenburg region]. — Izvestia Orenburg State Agrarian University. 76(2): 87–89. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38195036> (In Russian)
8. Dedyukhina O.N. 2008. Peculiarities of seed propagation and the initial ontogenesis stages of plantain (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) during introduction in the Botanic Garden of the Udmurt State University. — Vestnik Udmurtsko Universiteta. 2: 125–130. <https://elibrary.ru/item.asp?id=22534238> (In Russian)
9. [Red Book of the Udmurt Republic: Vascular plants, lichens, fungi]. 2001. Izhevsk. 290 p. (In Russian)
10. Tzonev R., Karakiev T. 2007. *Plantago maxima* (Plantaginaceae): a relict species new for the Bulgarian flora. — Phytologia Balcanica. 13(3): 347–350.
11. Kovács Z., Barabás S., Höhn M. 2018. Germination study of the giant plantain (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.). — Botanikai Közlemények. 105(2): 243–252. (In Hungarian) <https://doi.org/10.17716/BotKozlem.2018.105.2.243>
12. [Field geobotany]. 1972. Leningrad. 336 p. (In Russian)
13. Voronov A.G. 1973. [Geobotany]. Moscow. 384 p. (In Russian)
14. [Vegetation cover of Khakassia]. 1976. Novosibirsk. 423 p. (In Russian)
15. [Key to plants of the southern part of the Krasnoyarsk Territory]. 1979. Novosibirsk. 638 p. (In Russian)
16. Cherepanov S.K. 1995. [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. St. Petersburg. 990 p. (In Russian)
17. Zaytsev G.N. 1990. [Mathematics in experimental botany]. Moscow. 296 p. (In Russian)

ВЛИЯНИЕ СУХОГО ХРАНЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН *EPHEDRA MONOSPERMA* (EPHEDRACEAE)

© 2023 г. С. З. Борисова*

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

*e-mail: borisova_sz@mail.ru

Поступила в редакцию 27.01.2023 г.

После доработки 17.04.2023 г.

Принята к публикации 26.04.2023 г.

Приведены результаты исследования всхожести семян *Ephedra monosperma* С.А. Меу. после разного срока хранения в лабораторных условиях. Семена проращивали без предпосевной обработки в чашках Петри на фильтровальной бумаге при комнатной температуре 20 ± 3 °С. При сухом хранении семена сохраняют высокую всхожесть (80–100%) и динамику прорастания на протяжении 5 лет (мезобиотик). Семена как свежесобранные, так и после хранения, начинают прорасти на 2–5 сут, максимум числа проросших за сутки семян отмечается на 3–4 сут с начала прорастания. 50% семян прорастает в течение 5–8 сут.

Ключевые слова: *Ephedra monosperma*, семена, сроки хранения, лабораторная всхожесть, долговечность семян, Центральная Якутия

DOI: 10.31857/S0033994623020036, **EDN:** ZMPIPR

Хвойник односемянный *Ephedra monosperma* С.А. Меу. применяется в лечебных целях народами Сибири, Дальнего Востока, Китая и др. [1]. Лекарственное значение видов рода основано на симпатомиметических свойствах алкалоида эфедрина [2]. *E. monosperma* — вечнозеленый двудомный кустарничек с хорошо развитыми узловатыми подземными стволиками, ветвящимися в верхней части и оканчивающимися на поверхности пучком восходящих или расплывающихся по земле побегов. В июле–августе кроющие чешуи мегастробиллов по мере созревания семян становятся сочными и приобретают ярко красную окраску.

Общий ареал *E. monosperma* охватывает Сибирь, Дальний Восток, Монголию, Китай [3]. *E. monosperma* — единственный вид рода, проникающий далеко на северо-восток России. Виды семейства Ephedraceae являются реликтами плейстоценового периода [4]. В Центральной и Северо-Восточной Якутии *E. monosperma* наряду с другими реликтовыми видами (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Stipa krylovii* Roshev., *Artemisia obtusiloba* Ledeb. subsp. *martjanovii* (Krasch. ex Poljak.) Krasnob., *Astragalus lenensis* Shemetova, Schaulo et Lomon. и др.) входит в состав островных степных сообществ, занимающих высокие наиболее сухие участки ландшафта [5–10 и др.]. В Центральной Якутии популяция *E. monosperma* за последние 20 лет резко сократила свою численность; отдельные ценопопуляции в окр. г. Якут-

ска и крупных поселений сельскохозяйственных районов исчезли. Вид подлежит охране на всей территории Якутии [11].

E. monosperma выращивается в ботанических садах Якутии, в коллекции Ботанического сада СВФУ представлены образцы из центральной популяции вида. В культуре вид высокоустойчив. Ежегодно для семенного фонда Ботанического сада ведется сбор диаспор в коллекции и в естественных местах обитания, которые могут использоваться для восстановления исчезающих популяций. Создание таких фондов требует сведений о биологии семян, их способности сохранять всхожесть.

Цель исследования состояла в оценке всхожести, характера прорастания при сухом хранении и долговечности семян *Ephedra monosperma* из Центральной Якутии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Определяли лабораторную всхожесть семян *E. monosperma* различного срока хранения [12]. Семена хранили в бумажных пакетах в лабораторных условиях при температуре 18–23 °С. Всхожесть семян определяли в выборке из 400 (4×100) и 200 штук (4×50). Проращивание проводили в комнатных условиях при температуре 18–23 °С без предварительной обработки в стеклянных чашках Петри диаметром 10 см, на ложе из филь-

Таблица 1. Всхожесть семян *Ephedra monosperma* С.А. Мей. при сухом хранении
Table 1. Germination of *Ephedra monosperma* С.А. Мей. seeds kept in dry storage

Показатель Index		Срок хранения семян, лет Duration of storage, years								
		0	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	8.5
Срок до начала прорастания, сутки Start of germination after moistening, days	min	4	2	4	2	5	2	4	2	2
	max	5	5	5	5	6	2	5	5	5
	$M \pm m$	4 ± 0.3	4 ± 0.2	5 ± 0.2	3 ± 0.5	6 ± 0.3	2	5 ± 0.3	5 ± 0.6	5 ± 1.7
Доля проросших семян на 3 сут, % Percentage of germinated seeds on day 3, %	min	0	0	0	1	0	4	0	0	0
	max	0	3	0	18	0	10	0	2	1
	$M \pm m$	0	0.8 ± 0.5	0	1.9 ± 1.3	0	8.0 ± 2.3	0	0.3 ± 0.3	0.7 ± 0.7
Доля проросших семян на 5 сут, % Percentage of germinated seeds on day 5, %	min	8	2	1	15	0	32	12	0	0
	max	26	36	14	19	1	44	26	2	2
	$M \pm m$	14.0 ± 6.0	20.3 ± 5.0	7.0 ± 2.7	18.5 ± 0.7	0.3	—	17.3 ± 4.4	0.7 ± 0.4	0.7 ± 0.7
Доля проросших семян на 7 сут, % Percentage of germinated seeds on day 7, %	min	68	63	49	43	46	82	28	2	1
	max	80	81	62	76	66	86	52	6	8
	$M \pm m$	73.3 ± 3.5	71.8 ± 1.5	55.3 ± 2.7	69.9 ± 2.4	54.8 ± 4.2	83.5 ± 0.6	42.0 ± 7.2	5.8 ± 1.5	2.7 ± 0.7
Число проросших за сутки семян, шт. The number of seeds germinated per day, pcs.	min	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	max	34	48	40	34	38	17	32	10	8
	$M \pm m$	12 ± 2.3	7 ± 2.8	14 ± 2.3	11 ± 1.4	13 ± 2.4	3.5 ± 0.8	7 ± 2.8	3 ± 0.5	3 ± 0.7
T_{50} , сут T_{50} , days	min	6	6	7	6	7	5	6	—	—
	max	7	7	8	7	8	7	11	—	—
	$M \pm m$	7 ± 0.3	6 ± 0.3	7 ± 0.2	6 ± 0.2	7 ± 0.3	6 ± 10.3	8 ± 1.5	—	—
Период прорастания, сутки Germination period, days	min	7	7	7	8	7	9	7	3	3
	max	10	12	14	15	10	10	8	15	10
	$M \pm m$	8 ± 0.9	9 ± 0.8	10 ± 1.6	11 ± 0.7	9 ± 0.6	10 ± 0.3	8 ± 0.3	8 ± 1.5	6.3 ± 2.0
Жизнеспособность, % Viability, %	min	96	91	82	71	84	—	54	12	8
	max	100	100	99	98	97	100	80	20	12
	$M \pm m$	98.0 ± 1.2	94.5 ± 1.3	94.9 ± 3.3	89.4 ± 3.7	91.8 ± 2.2	100	70.0 ± 8.1	13.5 ± 1.8	9.3 ± 1.3

травяной бумаги, увлажненной дистиллированной водой. Свежесобранные семена ставили на прорастание в день сбора, хранившиеся — в феврале—марте. Опыт длился до полного прорастания всех семян, либо прекращался при отсутствии новых проростков в течение 2 нед. Проросшими считали семена, имеющие при проращивании нормально развитый корешок размером не менее длины семени. Начало прорастания — день появления первых проросших семян с начала постановки опыта, продолжительность прорастания подсчитывалась с момента прорастания до конца опыта. Подсчет проросших семян проводился ежедневно. Для характеристики скорости прорастания семян определяли долю проросших семян на 3, 5 и 7 сут с начала постановки опыта, определяли показатель T_{50} — время, за которое проросло 50% семян пробы. Всхожесть определяли по числу проросших семян, выраженному в процентах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Семена *E. monosperma*, как свежесобранные, так и после сухого хранения не имеют первичного покоя: начало прорастания отмечается на 2–5 сут (табл. 1). Ход прорастания устанавливали по количеству проросших за сутки семян. Отмечено быстрое нарастание числа проросших семян в начале опыта (рис. 1), пик наблюдается на 3–4 день с начала прорастания. Продолжительность прорастания составила 7–15 сут. Всхожесть свежесобранных семян *E. monosperma* Центральной Якутии высокая (96–100%) (табл. 1) и сохраняется при хранении в сухих условиях в течение 5 лет (рис. 2). Далее всхожесть семян начинает снижаться, семена полностью теряют способность прорасти после 12 лет хранения.

Виды рода *Ephedra* — пустынные и степные растения, выживание которых в экстремальных условиях связано во многом с особенностями их семенного размножения. Имеющиеся в литерату-

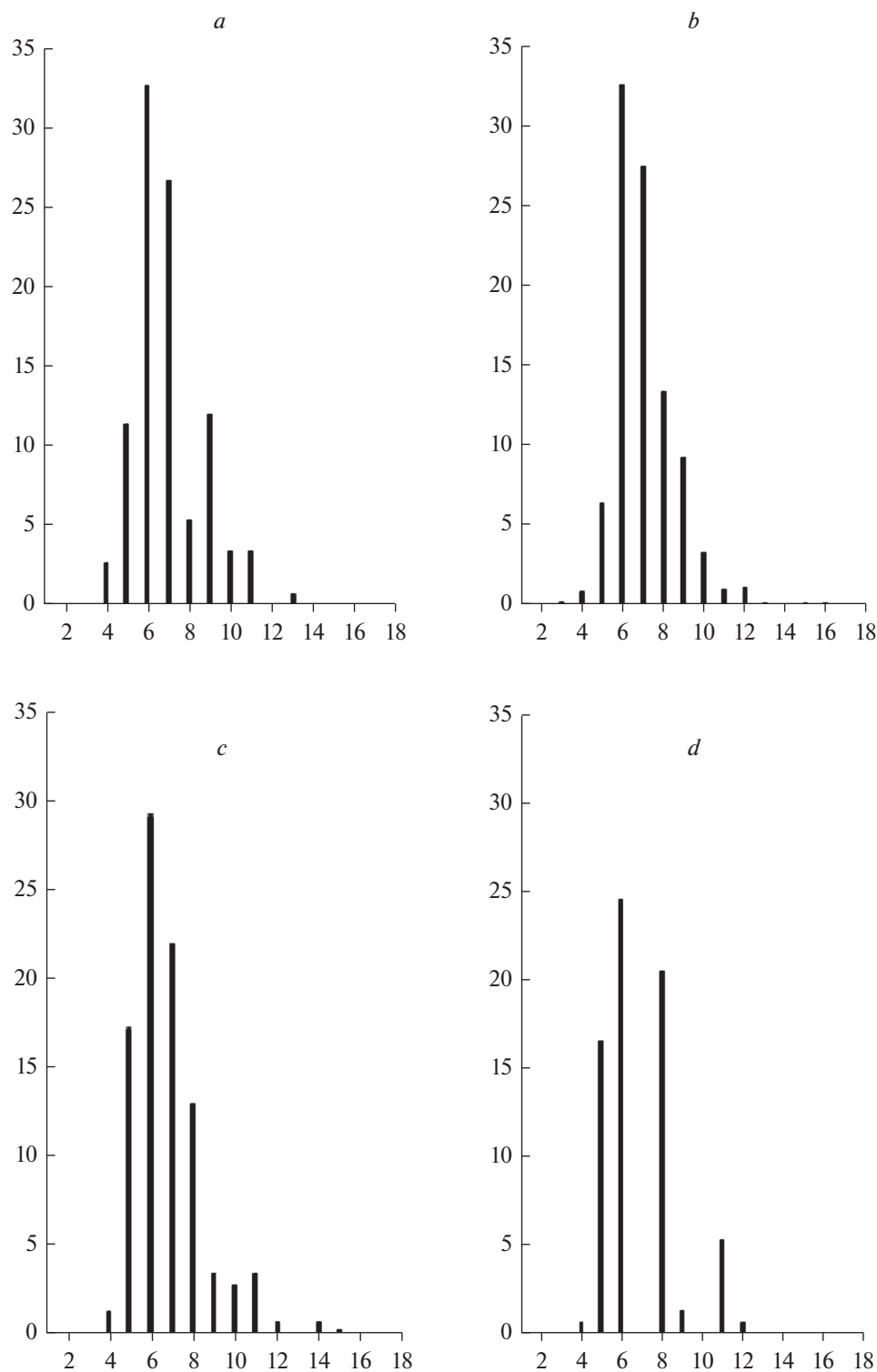


Рис. 1. Динамика прорастания семян *Ephedra monosperma* С.А. Мей.

a – свежесобранные семена; *b* – после 6 мес. хранения; *c* – после 2.5 лет хранения; *d* – после 5.5 лет хранения.

По горизонтали – день опыта; по вертикали – число проросших семян.

Fig. 1. Dynamics of *Ephedra monosperma* C.A. Mey. seed germination.

a – freshly harvested seeds; *b* – seeds after 6 months of storage; *c* – seeds after 2.5-years of storage; *d* – seeds after 5.5-years of storage.

X-axis – germination period (days); y-axis – number of germinated seeds.

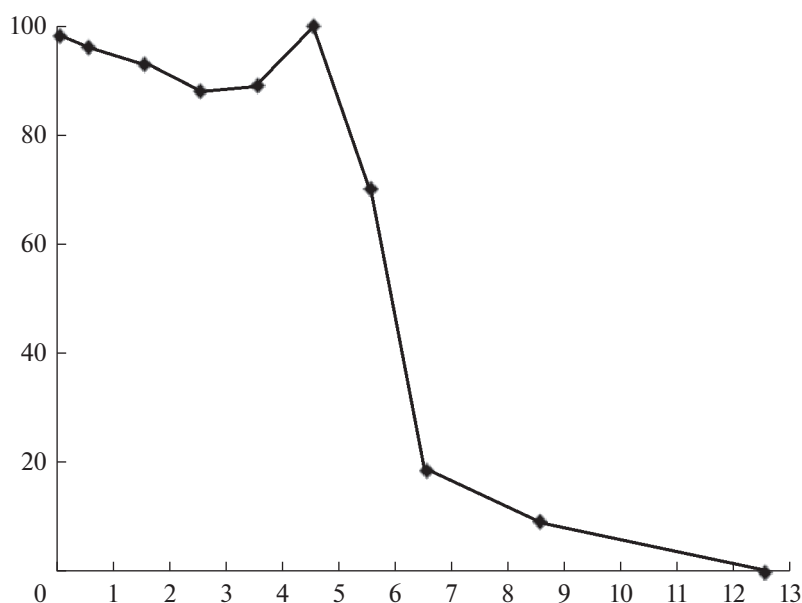


Рис. 2. Средняя всхожесть семян *Ephedra monosperma* С. А. Мей.

По горизонтали — срок хранения (лет); по вертикали — процент проросших семян.

Fig. 2. Germination percentage of *Ephedra monosperma* С.А. Мей. seeds.

X-axis — duration of storage (years); y-axis — final germination (%).

ре сведения указывают на видовые и популяционные особенности прорастания семян. Так, семена европейского вида *E. helvetica* С.А. Мей. прорастают только в темноте при температуре 20 °С [13, 14]. При проращивании семян сибирских видов *Ephedra* рекомендуется холодная стратификация при 2–5 °С в течение полумесяца [3]. Без предпосевной обработки прорастают свежие семена видов *E. przewalskii* Stapf, *E. distachya* L., *E. dahurica* Turcz., *E. monosperma*, обитающих в степях и пустынях Казахстана и Монголии [15]. Не имеют периода покоя и семена южноамериканского вида *E. ochreatea* Miers [16]. Семена североамериканских видов *Ephedra* обладают физиологическим покоем и прорастают после стратификации или сухого хранения при различных температурных режимах. Оптимальным для *E. nevadensis* S. Wats. является проращивание как при постоянных температурах в диапазоне от 5 до 20 °С, так и при переменных температурах [17, 18]. Для прорастания семян *E. viridis* Coville необходимо сочетание температур 2–5 и 15–25 °С. Более высокие температуры подавляют всхожесть, и, вероятно, предотвращают преждевременное прорастание семян североамериканских растений [19]. Высокие температуры — 20–30 °С требуются для прорастания семян пустынного вида Северной Африки *E. alata* ssp. *alenda* (Stapf) Trab. [20].

Имеются видовые и популяционные отличия в процессе прорастания. Семена *E. przewalskii*, *E. equisetina* Bunge, *E. intermedia* Schrenk et С.А. Мей., *E. distachya*, *E. dahurica* и *E. monosperma* начинают

прорастать на 1–4 сут [15, 21, 22], на 7–8 сут прорастают семена *E. ochreatea* [16]. Свежие семена монгольских популяций *E. monosperma* имеют замедленный тип прорастания с длительностью более 20 дней и 6–8% проросших за сутки семян [15]. Свежие семена *E. monosperma* Центральной Якутии прорастают в течение 7–10 дней и по характеру прорастания относятся к типу семян с быстрым прорастанием. Д.Н. Андросова и Н.С. Данилова [23] отмечают, что у *E. monosperma* после 6 мес. сухого хранения скорость прорастания увеличивается до взрывного. Вероятно, способность семян быстро прорастать связана с приспособлением растений к короткому вегетационному сезону в Центральной Якутии. Вегетационный период со среднесуточной температурой выше +5 °С наступает во второй декаде мая и длится 116–128 дней, а основной период вегетации теплолюбивых растений составляет 90–98 дней [24]. Высокие летние температуры воздуха и небольшое количество осадков приводят к выраженному засушливому периоду, неблагоприятному для прорастания семян. Условия для прорастания семян степных растений Центральной Якутии складываются в августе до наступления низких температур, в период созревания семян. В сентябре температура воздуха опускается ниже +10 °С, что также препятствует прорастанию семян. В таких природных условиях большое значение имеет способность семян быстро прорастать и сохранять жизнеспособность длительное время. Характер прорастания

семян у якутских популяций *E. monosperma* сохраняется до 6 лет (табл. 1).

Всхожесть семян также отличается у разных видов и популяций. Низкую всхожесть (17%) имеют семена пустынного вида Северной Африки *E. alata* subsp. *alenda*, что связано с присутствием микроорганизмов на покровах семян, воздействие фунгицидов повышает их всхожесть до 35–61% [19]. Невысокая всхожесть — до 40% у семян европейского вида *E. helvetica* [13, 14] и *E. monosperma*, произрастающего в Северо-Западном Китае [16]. Среднюю всхожесть (53–65%) имеют семена пустынных и степных видов *E. equisetina* и *E. intermedia* [21]. Высокую всхожесть до 100% сохраняют семена пустынного вида *E. przewalskii* [15, 21] и якутские популяции *E. monosperma*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволил выявить особенности прорастания семян степного

вида Центральной Якутии *Ephedra monosperma* С.А. Меу. Семена начинают прорастать на 2–5 сут со дня постановки опыта. На способность семян быстро прорастать сухое хранение не влияет. Продолжительность периода прорастания составляет от 7 до 15 дней. В среднем за сутки прорастает 5 семян, максимально — 48. Характер прорастания семян *E. monosperma* непрерывный, нарастание количества проросших семян идет стремительно, 50% семян (T_{50}) прорастает на 5–8 сут со дня постановки опыта. Свежесобранные семена *E. monosperma* имеют высокую всхожесть, которая при сухом хранении не снижается в течение 5 лет. По длительности сохранения всхожести семян в условиях сухого хранения *E. monosperma* относится к группе мезобиотиков. Высокая лабораторная всхожесть, ускоренные темпы прорастания, отсутствие покая, долговечность семян свидетельствуют о приспособленности якутской популяции вида к короткому периоду вегетации в суровых условиях региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Растительные ресурсы России: Компонентный состав и биологическая активность растений. 2016. Т. 7. Отделы Lycopodiophyta. — Gnetophyta. СПб.; М. 333 с.
2. Ibragic S., Sofic E. 2015. Chemical composition of various *Ephedra* species. — Bosn. J. Basic Med. Sci. 15(3): 21–27. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2015.539>
3. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. 2002. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск. 707 с.
4. Пешкова Г.А. 2005. К происхождению рода *Ephedra* L. (Ephedraceae). — Turczaninowia. 8(2): 54–68. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11158208>
5. Иванова В.П. 1967. О степной растительности в долине Средней Лены. — Ученые записки Якутского гос. ун-та. Якутск. 7: 11–19.
6. Данилова Н.С., Борисова С.З. 2010. Популяции *Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel. на территории Якутии. — Вестник ЯГУ. 7(2): 19–22. <https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2010/2-2010.pdf>
7. Егорова А.А. 2013. Сосудистые растения Юго-Западной Якутии. Новосибирск. 203 с.
8. Николин Е.Г. 2013. Конспект флоры Верхоянского хребта. Новосибирск. 248 с.
9. Данилова Н.С., Семенова В.В. 2015. Фитоценотическая приуроченность *Astragalus angarensis* (Fabaceae) в Центральной Якутии. — Научн. журн. КубГАУ. 113(09): 174–183. <http://sj.kubsau.ru/2015/09/14.pdf>
10. Борисова С.З., Данилова Н.С., Иванова Н.С. 2016. Характеристика ценопопуляции *Artemisia obtusiloba* subsp. *martjanovii* Krasch. ex Poljak. в Центральной Якутии. — Вестник СВФУ. 5(55): 5–17. [https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Вестник%205%20\(55\)%202016.pdf](https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Вестник%205%20(55)%202016.pdf)
11. Красная книга Республики Саха (Якутия). 2017. Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. М. 412 с. [https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20\(1\).pdf](https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20(1).pdf)
12. Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М. 1999. Биология семян. СПб. 232 с.
13. Kinzel W. 1915. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Erläuterungen und Ergänzungen zum ersten Buche. Stuttgart. 187 p.
14. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.И. 1985. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л. 348 с.
15. Борисова И.В. 1996. Типы прорастания семян степных и пустынных растений. — Бот. журн. 81(12): 9–22. http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19961212&rid=pdf_0005070
16. Rodríguez-Araujo M.E., Milano C., Pérez D.R. 2019. Germination of *Ephedra ochreate* Miers: Contribution for productive restoration of arid environments in Argentina. — Agrociencia. 53(4): 617–629. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1832>

17. Baskin C.C., Baskin J.M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego. 586 p.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3>
18. Meyer S.E. 2008. *Ephedra* L. — In: The Woody Plants Seed Manual. Washington. P. 492–494.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_series/wo/wo_ah727.pdf
19. Young J.A., Evans R.A., Kay B.L. 1977. *Ephedra* seed germination. — Agron. J. 69(2): 209–211.
<https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900020004x>
20. Derbel S., Touzard B., Triki M.A., Chaieb M. 2010. Seed germination responses of the Saharan plant species *Ephedra alata* ssp. *alenda* to fungicide seed treatments in the laboratory and the field. — Flora. 205(7): 471–474.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.025>
21. Wang J.-H., Cui X.-L., Chen X.-L., Du G.-Z. 2007. Comparative study of seed germination, seed size and their relationships in mesad and siccocolous. — Chin. J. Plant Ecol. 31(6): 1037–1045. (на китайском)
<https://doi.org/10.17521/cjpe.2007.0131>
22. Wang J.-H., Baskin C.C., Cui X.-L., Du G.-Z. 2009. Effect of phylogeny, life history and habitat correlates on seed germination of 69 arid and semi-arid zone species from northwest China. — Evol. Ecol. 23(6): 827–846.
<https://doi.org/10.1007/s10682-008-9273-1>
23. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. 2018. Всхожесть и характер прорастания семян редких растений Якутии. — Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 26(4): 80–88.
<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2018-26-4-80-88>
24. Гаврилова М.К. 1973. Климат Центральной Якутии. Якутск. 120 с.

Effect of Dry Storage on Seed Germination of *Ephedra monosperma* (Ephedraceae)

S. Z. Borisova*

Amnosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

*e-mail: borisova_sz@mail.ru

Abstract—Effects of dry storage under ambient laboratory conditions on germination and survival was tested for seeds of rare species *Ephedra monosperma*. The seeds without pregermination treatment were placed in Petri dishes with a moistened filter paper at room temperature 20 ± 3 °C. Seeds maintain high germination when dry stored for 5 years (mesobiotic), further storage leads to a sharp decrease in germination. At the same time, dry storage of seeds does not change the time of the beginning of germination, the duration of germination and the curve of seed germination. Freshly harvested seeds and seeds stored at room temperature germinate 2–4 days after seeding, 50% of seeds — in 7 days, and 98–100% — within 2 weeks. The seed germination curve has two peaks; the highest one is the first, which is observed on the 3rd day from the start of germination.

Keywords: *Ephedra monosperma*, seeds, storage time, laboratory germination, seed longevity, Central Yakutia

REFERENCES

1. [Plant Resources of Russia: The component composition and biological activity of plants. Divisions Lycopodiophyta — Gnephtophyta]. 2016. V. 7. St. Petersburg; Moscow. (In Russian)
2. Ibragic S., Sofic E. 2015. Chemical composition of various *Ephedra* species. — Bosn. J. Basic Med. Sci. 15(3): 21–27.
<https://doi.org/10.17305/bjbms.2015.539>
3. Koropachinsky I. Yu., Vstovskaija T.N. 2002. [Woody plants of the Asian part of Russia] Novosibirsk. 707 p. (In Russian)
4. Peshkova G. 2005. On the origin of the genus *Ephedra* L. (Ephedraceae). — Turczaninowia. 8(2): 54–68.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11158208> (In Russian)
5. Ivanova V.P. 1967. [On the steppe vegetation in the middle Lena river valley]. — Uchenye zapiski YaGU. 17: 11–19. (In Russian)
6. Danilova N.S., Borisova S.Z. 2010. Populations of *Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel. in the territory of Yakutia. — Vestnik YaGU. 7(2): 19–22.
<https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svf/arkhiv/arkhiv-2010/2-2010.pdf> (In Russian)
7. Egorova A.A. 2013. [Vascular plants of the South-Western Yakutia]. Novosibirsk. 203 p. (In Russian)
8. Nikolin E.G. 2013. [The abstract of flora of the Verkhoyansk Ridge]. Novosibirsk. 248 p. (In Russian)
9. Danilova N.S., Semenova V.V. 2015. Phytocenotic characteristic of communities with participation of *Astragalus angarensis* (Fabaceae) in Central Yakutia. — Scientific J. KubSAU. 113(09): 174–183.
<http://sj.kubsau.ru/2015/09/14.pdf> (In Russian)

10. *Borisova S.Z., Danilova N.S., Ivanova N.S.* 2016. Characteristics of Population of *Artemisia obtusiloba* subsp. *martjanovii* Krasch. ex Poljak. in Central Yakutia. — Herald of the NEFU. 5(55): 5–17.
[https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Vestnik%205%20\(55\)%202016.pdf](https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/arkhiv/arkhiv-2016/Vestnik%205%20(55)%202016.pdf) (In Russian)
11. [The Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia). V. 1: Rare and endangered species of plants and fungi]. 2017. Moscow. 412 p.
[https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20\(1\).pdf](https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2023/02/20/files/Красная%20книга%20растений%20Якутии%202017_compressed%20(1).pdf) (In Russian)
12. *Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M.* [Seed Biology]. 1999. St. Petersburg. 232 p. (In Russian)
13. *Kinzel W.* 1915. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Erläuterungen und Ergänzungen zum ersten Buche. Stuttgart. 187 p.
14. *Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N.* [Handbook of germinating dormant seeds]. 1985. Leningrad. 348 p. (In Russian)
15. *Borisova I.V.* 1996. Seed germination types in steppe and desert plants. — Bot. Zhurn. 81(12): 9–22.
http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19961212&rid=pdf_0005070 (In Russian)
16. *Rodríguez-Araujo M.E., Milano C., Pérez D.R.* 2019. Germination of *Ephedra ochreate* Miers: Contribution for productive restoration of arid environments in Argentina. — Agrociencia. 53(4): 617–629.
<https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1832>
17. *Baskin C.C., Baskin J.M.* 2014. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego. 586 p.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3>
18. *Meyer S.E.* 2008. *Ephedra* L. — In: The Woody Plants Seed Manual. Washington. P. 492–494.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_series/wo/wo_ah727.pdf
19. *Young J.A., Evans R.A., Kay B.L.* 1977. *Ephedra* seed germination. — Agron. J. 69(2): 209–211.
<https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900020004x>
20. *Derbel S., Touzard B., Triki M.A., Chaieb M.* 2010. Seed germination responses of the Saharan plant species *Ephedra alata* ssp. *alenda* to fungicide seed treatments in the laboratory and the field. — Flora. 205(7): 471–474.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.025>
21. *Wang J.-H., Cui X.-L., Chen X.-L., Du G.-Z.* 2007. Comparative study of seed germination, seed size and their relationships in mesad and siccocolous. — Chin. J. Plant Ecol. 31(6): 1037–1045.
<https://doi.org/10.17521/cjpe.2007.0131> (In Chinese)
22. *Wang J.-H., Baskin C.C., Cui X.-L., Du G.-Z.* 2009. Effect of phylogeny, life history and habitat correlates on seed germination of 69 arid and semi-arid zone species from northwest China. — Evol. Ecol. 23(6): 827–846.
<https://doi.org/10.1007/s10682-008-9273-1>
23. *Androsova D.N., Danilova N.S.* 2018. Germination and seed sprouting pattern of rare plants of Yakutia. — Arctic and Subarctic Natural Resources. 26(4): 80–88.
<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2018-26-4-80-88> (In Russian)
24. *Gavrilova M.K.* 1973. [The Climate of Central Yakutia]. Yakutsk. 120 p. (In Russian)

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЦВЕТКОВ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SYRINGA* (OLEACEAE)

© 2023 г. К. А. Пупыкина¹, Н. В. Полякова² *, Н. В. Кудашкина¹, Е. В. Красюк¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования “Башкирский государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Уфа, Россия

²Южно-Уральский ботанический сад-институт — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия

*e-mail: bloomerang11@gmail.com

Поступила в редакцию 01.12.2022 г.

После доработки 09.01.2023 г.

Принята к публикации 03.04.2023 г.

В связи с малой изученностью компонентного состава цветков видов рода *Syringa* L. (Oleaceae) проведен сравнительный анализ 6 представителей этого рода из коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН: *S. emodi* Wall., *S. josikaea* Jacg., *S. komarowii* Schneid., *S. reticulata* (Blume) H. Hara ssp. *amurensis* (Rupr.) P. S. Green et M.C. Chang, *S. sweginzowii* Koehneet Lingelsh. и *S. vulgaris* L. Установлено содержание в составе их цветков флавоноидов, гидрохлорогеновых кислот, дубильных веществ и органических кислот. Максимальное содержание всех исследованных групп биологически активных веществ (БАВ) выявлено в цветках *S. komarowii*: флавоноидов — $4.25 \pm 0.21\%$, гидрохлорогеновых кислот — $6.13 \pm 0.29\%$, дубильных веществ — $9.3 \pm 0.5\%$, аскорбиновой кислоты — $0.468 \pm 0.022\%$, органических кислот — $10.7 \pm 0.5\%$. *S. emodi* и *S. sweginzowii* по содержанию исследованных групп БАВ в цветках немного уступают *S. komarowii*. Минимальное содержание БАВ отмечено в цветках *S. josikaea*. Сравнительный анализ качественного состава и количественного содержания основных групп биологически активных веществ в некоторых видах рода *Syringa*, культивируемых в Республике Башкортостан, показывает перспективность их дальнейшего изучения с целью возможного применения в научной медицине и разработки фитопрепаратов на их основе.

Ключевые слова: *Syringa*, цветки, флавоноиды, гидрохлорогеновые кислоты, дубильные вещества, аскорбиновая кислота, органические кислоты, Республика Башкортостан

DOI: 10.31857/S0033994623020103, **EDN:** ZNMJET

В настоящее время одной из актуальных задач фармации является поиск и внедрение импортозамещающих растительных препаратов, которые характеризуются эффективностью и малой токсичностью, что позволяет использовать их для профилактики и лечения многих заболеваний без риска возникновения побочных явлений [3, 6]. В первую очередь это относится к фитопрепаратам, компоненты которых по структуре близки к метаболитам человеческого организма; они относительно безопасны в применении. Растительные препараты можно рекомендовать для симптоматического, профилактического и длительного лечения гораздо шире, чем синтетические. Особенно это актуально при хронических и вялотекущих заболеваниях. Биологически активные вещества (БАВ) лекарственных растений встраиваются в структурные системы организма человека легче,

чем синтетические лекарственные средства, ассимилируются организмом и дают меньше побочных эффектов [10].

Перспективными для изучения в этом плане являются виды рода сирень *Syringa* L. (Oleaceae), которые применяются в традиционной и народной медицине. Сирень принадлежит к числу самых популярных декоративных кустарников, которые широко используются в озеленении садов, парков, скверов практически по всему миру. Сирень отличается высокой устойчивостью к загрязнениям и способностью аккумулировать большое количество пыли и газов без потери декоративности [11]. Наряду с декоративным значением, сирень как неприхотливое растение широко используется в почвозащитных целях на склонах гор и оврагов. Сирень является медоносным растением, хотя из-за большой длины трубки

венчика нектар мало доступен пчелам [17]. Растительное сырье сирени используется в народной медицине как противовоспалительное, мочегонное, потогонное, ветрогонное, противомаларийное, анксиолитическое, иммуномодулирующее средство, при заболеваниях почек, благодаря наличию в его составе таких БАВ, как фенилпропаноиды (сирингин), иридоиды, фенилэтаноиды, эфирные масла, смолы, витамин С, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты [9, 15, 24]. В научной медицине сирень практически не используется. Настои, отвары листьев сирени применяют при лечении туберкулеза легких. Свежие листья растения применяют наружно как ранозаживляющее средство. Листья, цветки сирени в виде настоев принимают внутрь и наружно при лечении заболеваний суставов [17]. В русской народной медицине применяют мазь цветков сирени на основе вазелина или сливочного масла для втираний при ревматизме. В нанайской народной медицине настойка коры сирени применяется как тонизирующее средство [16]. Современные научные исследования показали, что сирингин действует как сердечный гликозид, подтверждены его потогонные и мочегонные свойства. В эксперименте (*in vitro*) сирингин убивает плазмодии малярии. Кора, листья, цветки сирени обладают антиоксидантными свойствами [5, 16].

Традиционно в качестве лекарственного сырья используют различные части сирени обыкновенной (*S. vulgaris* L.), в литературе имеются данные по изучению компонентного состава коры, листьев и цветков этого вида [4, 7, 8, 18, 19, 21]. Фитохимические исследования проводили и по другим видам сирени, большей частью за рубежом [5, 9, 18, 20, 22, 25, 26]. Необходимо отметить, что чаще всего исследовалась кора сирени обыкновенной и других видов сирени, в меньшей степени исследован компонентный состав цветков.

Целью наших исследований являлся сравнительный фармакогностический анализ цветков 6 видов рода *Syringa*, относящимся к разным секциям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объекты исследований — растительное сырье из цветков 6 видов сирени коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН (ЮУБСИ УФИЦ РАН): сирень гималайская *S. emodi* Wall., сирень венгерская *S. josikaea* Jacq., сирень Комарова *S. komarowii* Schneid., сирень сетчатая разновидность амурская *S. reticulata* (Blume) H. Nara ssp. *amurensis* (Rupr.) P.S. Green et M.C. Chang, сирень Звегинцова *S. sweginzowii* Koehneet Lingelsh. и сирень обыкновенная *S. vulgaris* L. Все они выращены из семян, полученных в 60-х гг. прошлого века из ботанических садов

бывшего СССР (табл. 1). На базе коллекции проведено комплексное интродукционное изучение видов и сортов рода *Syringa* в климатических условиях Республики Башкортостан [12–14].

Сырье сирени заготавливали в период цветения в ботаническом саду в 2019–2021 гг. Образцы сырья хранили в соответствии с требованиями нормативной документации [2]. Отбор проб для анализа, изучение характеристик подлинности и показателей качества сырья осуществляли, руководствуясь статьями ГФ РФ XIV издания [2].

Обнаружение отдельных групп биологически активных веществ осуществляли с помощью качественных реакций, хроматографических (тонкослойная хроматография) и спектральных методов исследования. Качественное обнаружение флавоноидов в исследуемых образцах сырья проводили с помощью качественных реакций: цианидиновая проба, со спиртовым раствором хлорида алюминия, с раствором ацетата свинца, с реактивом Вильсона. Для хроматографического анализа флавоноидов и гидроксикоричных кислот готовили спиртовое извлечение из цветков сирени (70%-ный этиловый спирт, 1 : 30). В качестве растворов сравнения использовали 0.05%-ные растворы стандартных образцов. Проводили подбор систем растворителей и наилучшее разделение наблюдали в системе: бутанол—уксусная кислота—вода (4 : 1 : 1). Хроматограммы высушивали, просматривали в видимом и УФ-свете, обрабатывали спиртовым раствором хлорида алюминия. Спектральные исследования проводили для спиртовых растворов из цветков сирени, а также растворов с добавлением комплексообразующей добавки — спиртового раствора хлорида алюминия (III), чтобы исключить влияние сопутствующих веществ. Оптическую плотность комплексов флавоноидов с хлоридом алюминия измеряли на спектрофотометре Shimadzu UV-1800. Качественное определение суммарного содержания флавоноидов в пересчете на лютеолин-7-гликозид проводили методом дифференциальной спектрофотометрии с подбором оптимальных условий экстракции при длине волны 400 ± 2 нм [1].

Количественное определение суммарного содержания гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту проводили методом прямой спектрофотометрии при длине волны 327 ± 2 нм [8].

Качественное обнаружение дубильных веществ в водных извлечениях из цветков сирени проводили с помощью качественных реакций: с 1%-ным раствором желатина в 10%-ной хлористоводородной кислоте; с 1%-ным раствором железосаммонийных квасцов; с 10%-ным раствором среднего ацетата свинца в присутствии уксусной кислоты. Количественное определение суммарного содержания дубильных веществ в пересчете на танин проводили

Таблица 1. Происхождение видов рода *Syringa* L. коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института
Table 1. Origin of *Syringa* L. species in the the South Ural Botanical Garden-Institute

№	Таксон Taxon	Секция Section	Ареал распространения Distribution area	Место получения Origin	Год получения Year of acquisition
1	<i>Syringa emodi</i> Wall.	Подрод <i>Syringa</i> Секция <i>Villosae</i> Subg. <i>Syringa</i> Sect. <i>Villosae</i>	Сев.-Зап. Гималаи North-Western Himalayas	г. Ташкент Tashkent	1959
2	<i>Syringa josikaea</i> Jacq.	Подрод <i>Syringa</i> Секция <i>Villosae</i> Subg. <i>Syringa</i> Sect. <i>Villosae</i>	Карпаты, Трансильвания Carpathians, Transylvania	Местная репродукция Local reproduction	1960
3	<i>Syringa komarowii</i> Schneid.	Подрод <i>Syringa</i> Секция <i>Villosae</i> Subg. <i>Syringa</i> Sect. <i>Villosae</i>	Сев.-Зап. Китай North-Western China	г. Москва Moscow	1967
4	<i>Syringa reticulate</i> (Blume) H. Hara ssp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green et M. C. Chang	Подрод <i>Ligustrina</i> Subg. <i>Ligustrina</i>	Приамурье, Приморский край, Сев.-Вост. Китай Cis-Amur, Primorye Terri- tory,	г. Минск Minsk	1961
5	<i>Syringa sweginzowii</i> Koeh- neet Lingelsh.	Подрод <i>Syringa</i> Секция <i>Villosae</i> Subg. <i>Syringa</i> Sect. <i>Villosae</i>	Китай, Сев. Корея China, North Korea	г. Ленинград Leningrad	1960
6	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Подрод <i>Syringa</i> Секция <i>Syringa</i> Subg. <i>Syringa</i> Sect. <i>Syringa</i>	Зап. и Юж. Румыния, Юго- славия, Болгария Western and Southern Romania, Yugoslavia, Bulgaria	г. Киев Kyiv	1941

методом окислительно-восстановительного титрования, используя в качестве индикатора раствор индигосульфокислоты, титрант — 0.02 М раствор перманганата калия, титрование вели до золотисто-желтого окрашивания [2].

Качественное обнаружение *аскорбиновой кислоты* в цветках различных видов сирени проводили методом тонкослойной хроматографии в водном извлечении, система растворителей: этилацетат—уксусная кислота (80 : 20), детектор — раствор 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия. Количественное определение аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом в кислой среде, используя в качестве титранта 0.001 М раствор 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, титрование вели до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 30–60 с [2].

Для обнаружения *органических кислот* использовали метод тонкослойной хроматографии в системе этилацетат—уксусная кислота—муравьиная кислота—вода (100 : 11 : 11 : 25), детектор — 0.4%-ный спиртовой раствор бромкрезолового зеленого с последующим нагреванием (105 °С, 5 мин). Ко-

личественное определение суммарного содержания органических кислот в пересчете на яблочную кислоту проводили методом алкалометрии: индикатор — смесь метиленового синего и фенолфталеина, титрант — 0.1 М раствор натрия гидроксида, титрование вели до появления лилово-красной окраски [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из немногочисленных литературных источников по фармакогностическому изучению и исследованию компонентного состава цветков различных видов сирени следует, что основными биологически активными соединениями в этом сырье являются фенилпропаноиды [8], а также фенилэтанойды (актеозид — 2.48%; эхинакозид — 0.75%) и олеуропеин (0.95%) [23]. По содержанию других биологически активных соединений литературных данных нет, однако такие БАВ, как, например, аскорбиновая кислота, дубильные вещества, органические кислоты, являются важными составляющими многих видов лекарственного растительного сырья, и определение этих групп БАВ

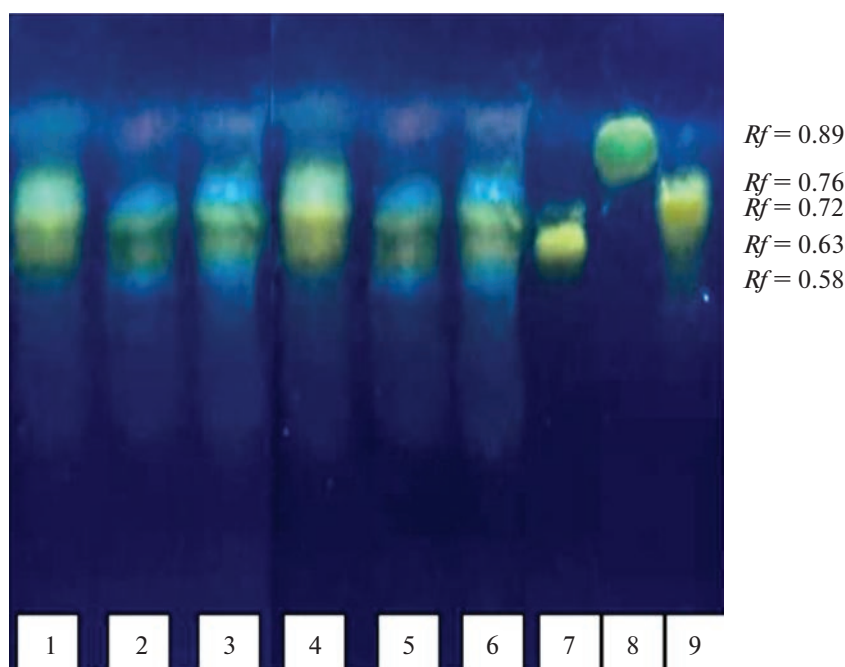


Рис. 1. Хроматограмма спиртовых извлечений из цветков видов рода *Syringa* L.:

1 – *S. sweginzowii*, 2 – *S. josikaea*, 3 – *S. emodi*, 4 – *S. komarowii*, 5 – *S. reticulata* ssp. *amurensis*, 6 – *S. vulgaris*; 7 – рутин, 8 – лютеолин, 9 – лютеолин-7-глюкозид.

Fig. 1. Chromatogram of aqueous-alcoholic extracts of flowers of *Syringa* L. species:

1 – *S. sweginzowii*, 2 – *S. josikaea*, 3 – *S. emodi*, 4 – *S. komarowii*, 5 – *S. reticulata* ssp. *amurensis*, 6 – *S. vulgaris*; 7 – rutin, 8 – luteolin, 9 – luteolin-7-glucoside.

в цветках различных видов сирени является весьма актуальным.

В исследуемых образцах сырья с помощью общепринятых качественных реакций установили присутствие флавоноидов групп флавона и флавонола. Хроматографический анализ цветков сирени показал присутствие на хроматограммах 5 зон адсорбции, из них две голубой флюоресценции, характерные для гидроксикоричных кислот, и три ярко-желтой флюоресценции, характерные для флавоноидов, окраска которых усиливалась после обработки проявляющим реактивом. Зоны адсорбции у всех исследуемых видов сирени по значениям R_f совпадали со стандартными образцами лютеолин-7-глюкозида ($R_f = 0.72$) и рутина ($R_f = 0.63$); с лютеолином ($R_f = 0.89$) совпадения были выборочные. Результаты тонкослойной хроматографии фенольных соединений представлены на рис. 1.

Спектральная характеристика спиртовых извлечений из цветков сирени позволила установить, что полученные спектры при сравнении со стандартными образцами свидетелей флавоноидов не совпадали с веществами-стандартами, что объясняется присутствием в извлечениях сопутствующих веществ. Однако при добавлении раствора хлорида алюминия (III) наблюдался bathochromный сдвиг полос поглощения с четко выра-

женными максимумами поглощения, так как с данным реактивом взаимодействуют флавоноиды, образуя устойчивые комплексы в кислой среде, и не взаимодействуют сопутствующие вещества. Спектры поглощения цветков сирени имели более близкие максимумы поглощения к спектру лютеолин-7-глюкозида ($\lambda_{\max} = 400 \pm 2$ нм) (рис. 2), поэтому этот флавоноид был выбран в качестве доминирующего в сумме, на который в дальнейшем вели пересчет. Полученные данные согласуются с результатами хроматографического анализа спиртовых извлечений из цветков различных видов сирени, на которых более интенсивные зоны адсорбции флавоноидов совпадали с зоной лютеолин-7-глюкозида, менее интенсивные по окраске с рутином.

Флавоноиды являются одной из важных групп БАВ лекарственного растительного сырья, так как обладают разнообразным спектром фармакологической активности, поэтому следующим этапом исследования было количественное определение суммарного содержания флавоноидов в цветках исследуемых видов сирени и изучение влияния различных факторов на выход флавоноидов. Экспериментально было установлено, что оптимальными параметрами экстракции флавоноидов из сырья сирени являлись: экстрагент – 70%-ный этиловый спирт, соотношение сырья и

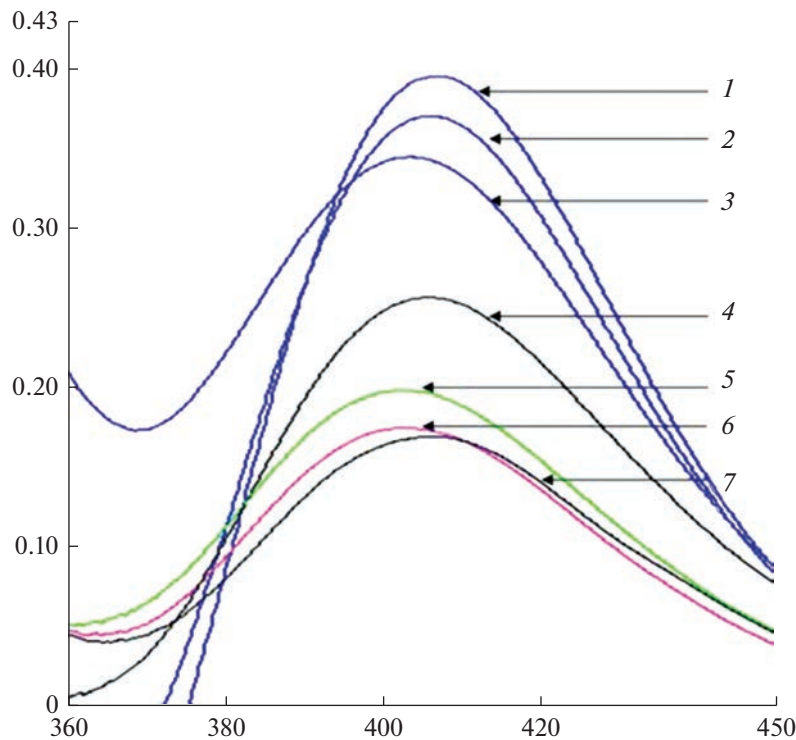


Рис. 2. Спектры поглощения спиртовых растворов цветков видов рода *Syringa* L. и СО лутеолина-7-глюкозида с алюминия хлоридом(III):
1 – СО лутеолин-7-глюкозид; 2 – *S. komarowii*, 3 – *S. emodi*, 4 – *S. reticulata* ssp. *amurensis*, 5 – *S. sweginzowii*, 6 – *S. vulgaris*, 7 – *S. josikaea*. По горизонтали – длина волны, нм; по вертикали – оптическая плотность.
Fig. 2. Absorption spectra of aqueous-alcoholic solutions of flowers of *Syringa* L. species and reference standard of luteolin-7-glucoside with aluminum chloride(III):
1 – RS luteolin-7-glucoside; 2 – *S. komarowii*, 3 – *S. emodi*, 4 – *S. reticulata* ssp. *amurensis*, 5 – *S. sweginzowii*, 6 – *S. vulgaris*, 7 – *S. josikaea*. X-axis – wavelength, nm; y-axis – optical density.

экстрагента 1 : 100, степень измельченности – 2 мм, время экстракции – 60 мин при 2-х кратной экстракции, концентрация раствора хлорида алюминия, с которым флавоноиды образуют комплекс, – 2%, количество добавляемого комплексообразователя – 1 мл. При оценке стабильности образующегося комплекса было установлено, что реакция протекает в течение 45 мин и комплекс остается стабильным в течение часа. Результаты количе-

ственного определения суммарного содержания флавоноидов в пересчете на лутеолин-7-глюкозид в цветках различных видов сирени представлены в табл. 2.

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что максимальное содержание флавоноидов отмечалось в цветках сирени Комарова ($4.25 \pm 0.21\%$), несколько ниже оно было в цветках сирени гималайской и амурской ($3.91 \pm 0.17\%$

Таблица 2. Содержание флавоноидов в цветках видов рода *Syringa* L.
Table 2. The content of flavonoids in flowers of *Syringa* L. species

№	Вид Species	Суммарное содержание флавоноидов в пересчете на лутеолин-7-глюкозид, % The total flavonoids content expressed as luteolin-7-glucoside, %
1	<i>S. vulgaris</i>	2.78 ± 0.12
2	<i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i>	3.67 ± 0.15
3	<i>S. komarowii</i>	4.25 ± 0.21
4	<i>S. sweginzowii</i>	3.35 ± 0.13
5	<i>S. josikaea</i>	2.56 ± 0.11
6	<i>S. emodi</i>	3.91 ± 0.17

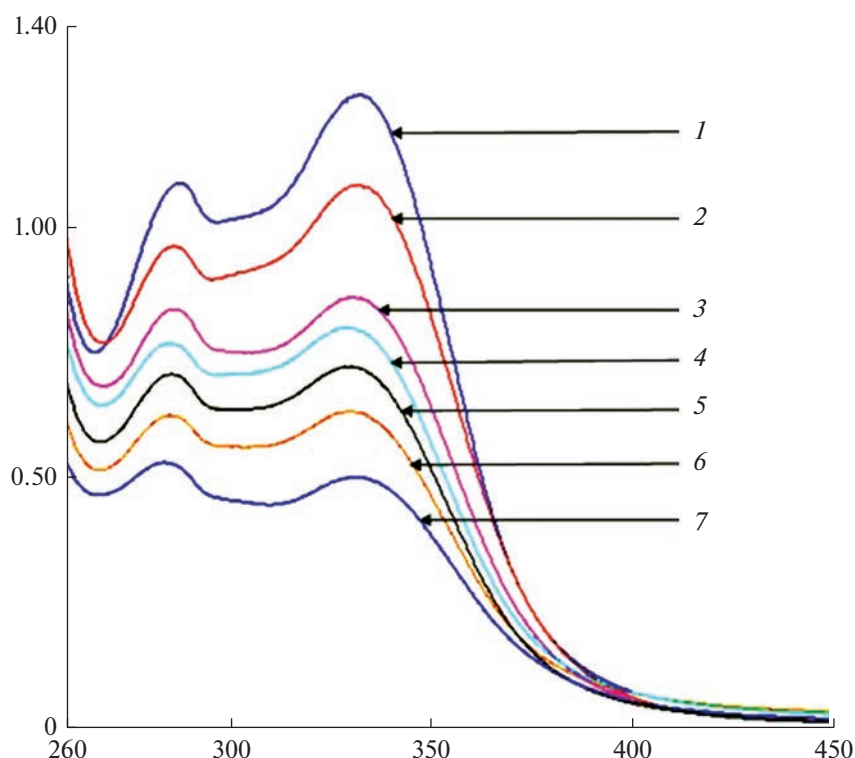


Рис. 3. Спектры поглощения спиртовых растворов цветков видов рода *Syringa* L. в сравнении с СО хлорогеновой кислоты: 1 – СО хлорогеновой кислоты; 2 – *S. komarowii*, 3 – *S. emodi*, 4 – *S. reticulata* ssp. *amurensis*, 5 – *S. sweginzowii*, 6 – *S. vulgaris*, 7 – *S. josikaea*.

По горизонтали – длина волны, нм; по вертикали – оптическая плотность.

Fig. 3. Absorption spectra of aqueous-alcoholic solutions of flowers of *Syringa* L. species against the reference standard of chlorogenic acid: 1 – SS of chlorogenic acid; 2 – *S. komarowii*, 3 – *S. emodi*, 4 – *S. reticulata* ssp. *amurensis*, 5 – *S. sweginzowii*, 6 – *S. vulgaris*, 7 – *S. josikaea*.

X-axis – wavelength, nm; y-axis – optical density.

и $3.67 \pm 0.15\%$) и минимальным – в цветках сирени обыкновенной и венгерской ($2.78 \pm 0.12\%$ и $2.56 \pm 0.11\%$).

Хроматографический анализ спиртовых извлечений из цветков сирени на содержание гидроксикоричных кислот показал, что на хроматограммах наблюдались зоны адсорбции, которые по значениям R_f и голубой флюоресценции в УФ-свете соответствовали хлорогеновой ($R_f = 0.58$) и кофейной ($R_f = 0.76$) кислотам (рис. 1). В результате исследования спектральных характеристик спиртовых экстрактов цветков разных видов сирени было установлено, что максимумы поглощения совпадали с максимумом поглощения стандартного образца хлорогеновой кислоты – 327 ± 2 нм (рис. 3).

Гидроксикоричные кислоты обладают противовоспалительным и протимикробным действиями, повышают устойчивость организма к вирусам и бактериям, поэтому присутствие их в растительном сырье улучшает его качество. Результаты количественного определения суммарного содержания гидроксикоричных кислот в пересчете на

хлорогеновую кислоту в цветках различных видов сирени представлены в табл. 3.

Максимальное суммарное содержание гидроксикоричных кислот обнаружено в цветках сирени Комарова ($6.13 \pm 0.29\%$), для цветков сирени гималайской и амурской этот показатель был немного меньше ($5.86 \pm 0.25\%$ и $5.64 \pm 0.23\%$ соответственно), минимальным суммарным содержанием гидроксикоричных кислот отличались цветки сирени обыкновенной и венгерской ($4.87 \pm 0.19\%$ и $4.56 \pm 0.15\%$ соответственно), как и в случае с флавоноидами.

Обнаружение дубильных веществ в цветках сирени проводили с помощью качественных реакций, при этом наблюдали появление мути с 1%-ным раствором желатина, исчезающей при добавлении избытка реактива; черно-зеленое окрашивание, переходящее в черное с 1%-ным раствором железосамонийных квасцов; образование осадка с 10%-ным раствором среднего ацетата свинца в присутствии уксусной кислоты, что позволило установить присутствие дубильных веществ конденсированной природы. Дубильные вещества

Таблица 3. Содержание гидроксикоричных кислот в цветках видов рода *Syringa* L.
Table 3. The content of hydroxycinnamic acids in flowers of *Syringa* L. species

№	Вид Species	Суммарное содержание гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту, % The total hydroxycinnamic acids content expressed as chlorogenic acid, %
1	<i>S. vulgaris</i>	4.87 ± 0.19
2	<i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i>	5.64 ± 0.23
3	<i>S. komarowii</i>	6.13 ± 0.29
4	<i>S. sweginzowii</i>	5.25 ± 0.21
5	<i>S. josikaea</i>	4.56 ± 0.15
6	<i>S. emodi</i>	5.86 ± 0.25

Таблица 4. Содержание дубильных веществ в цветках видов рода *Syringa* L.
Table 4. The content of tannins in flowers of *Syringa* L. species

№	Вид Species	Суммарное содержание дубильных веществ в пересчете на танин, % The total tannins content expressed as tannin, %
1	<i>S. vulgaris</i>	8.1 ± 0.4
2	<i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i>	7.2 ± 0.3
3	<i>S. komarowii</i>	9.3 ± 0.5
4	<i>S. sweginzowii</i>	8.7 ± 0.4
5	<i>S. josikaea</i>	6.89 ± 0.28
6	<i>S. emodi</i>	7.6 ± 0.3

оказывают разностороннее действие на организм человека — вяжущее, кровоостанавливающее, противовоспалительное, антимикробное, дезинтоксикационное, поэтому представляло интерес определить суммарное содержание данной группы веществ в анализируемых объектах. Результаты исследования суммарного содержания дубильных веществ в пересчете на танин представлены в табл. 4. Максимальное содержание дубильных веществ обнаружено в цветках сирени Комарова ($9.3 \pm 0.8\%$) и сирени Звегинцова ($8.7 \pm 0.4\%$). У других исследуемых видов содержание дубильных веществ было несколько ниже. Минимальным содержанием дубильных веществ отличались цветки сирени венгерской ($6.89 \pm 0.28\%$).

При хроматографическом анализе водных извлечений из цветков сирени на присутствие аскорбиновой кислоты после проявления хроматограмм раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, наблюдалось появление белого пятна на розовом фоне со значением $R_f = 0.89$, что свидетельствовало об ее наличии в объектах исследования. Аскорбиновая кислота является одним из ценных витаминов в рационе человека, так как обладает выраженной антиоксидантной активно-

стью, необходима для нормального функционирования соединительной и костной ткани, выполняет биологические функции восстановителя и кофермента некоторых метаболических процессов. Результаты количественного определения аскорбиновой кислоты в цветках различных видов сирени представлены в табл. 5. В результате наших исследований в цветках различных видов сирени обнаружено небольшое количество аскорбиновой кислоты. Максимальный процент содержания аскорбиновой кислоты установлен в цветках сирени Комарова ($0.468 \pm 0.022\%$), немного ниже — в цветках сирени гималайской и Звегинцова ($0.351 \pm 0.018\%$ и $0.264 \pm 0.011\%$), у остальных видов количество аскорбиновой кислоты незначительно.

При хроматографическом анализе органических кислот отмечали появление на хроматограммах желтых пятен на синем фоне, которые при сравнении со стандартными образцами свидетелей совпадали с яблочной ($R_f = 0.80$), аскорбиновой ($R_f = 0.61$), лимонной ($R_f = 0.40$), винной ($R_f = 0.35$) кислотами, что свидетельствовало об их присутствии в сырье. Органические кислоты являются важной группой биологически актив-

Таблица 5. Содержание аскорбиновой кислоты в цветках видов рода *Syringa* L.**Table 5.** The content of ascorbic acid in flowers of *Syringa* L. species

№	Вид Species	Содержание аскорбиновой кислоты, % Ascorbic acid content, %
1	<i>S. vulgaris</i>	0.197 ± 0.005
2	<i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i>	0.159 ± 0.002
3	<i>S. komarowii</i>	0.468 ± 0.022
4	<i>S. sweginzowii</i>	0.264 ± 0.011
5	<i>S. josikaea</i>	0.215 ± 0.008
6	<i>S. emodi</i>	0.351 ± 0.018

Таблица 6. Содержание органических кислот в цветках видов рода *Syringa* L.**Table 6.** The content of organic acids in flowers of *Syringa* L. species

№	Вид species	Содержание свободных органических кислот в пересчете на яблочную кислоту, % The content of free organic acids expressed as malic acid, %
1	<i>S. vulgaris</i>	7.78 ± 0.19
2	<i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i>	7.12 ± 0.16
3	<i>S. komarowii</i>	10.7 ± 0.5
4	<i>S. sweginzowii</i>	9.38 ± 0.26
5	<i>S. josikaea</i>	8.86 ± 0.21
6	<i>S. emodi</i>	10.1 ± 0.4

ных веществ, так как поддерживают кислотно-щелочное равновесие в организме, снижают pH среды, тормозят процессы гниения в ЖКТ, активируют перистальтику кишечника, стимулируют сокоотделение в желудке, оказывают противовоспалительное, антимикробное действия. Результаты количественного определения суммарного содержания органических кислот в пересчете на яблочную кислоту представлены в табл. 6. В результате анализа полученных данных максимальное содержание органических кислот, как и других БАВ, отмечено в цветках сирени Комарова (10.7 ± 0.5%), довольно высокое их содержание обнаружено в цветках сирени гималайской и Звегинцова (10.1 ± 0.4% и 9.38 ± 0.26% соответственно), минимальное – в цветках сирени амурской (7.12 ± 0.16%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование компонентного состава цветков 6 видов рода *Syringa* L. из коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН (ЮУБСИ УФИЦ РАН): сирени гималайской *S. emodi* Wall., сирени венгерской *S. josikaea* Jacq., сирени Комарова *S. komarowii* Schneid., сирени сетчатой разновидности амурской *S. reticulata* (Blume) H. Nara ssp. *amurensis* (Rupr.) P.S. Green et M.C. Chang, сирени Зве-

гинцова *S. sweginzowii* Koehneet Lingelsh. и сирени обыкновенной *S. vulgaris* L. В результате анализа цветков этих видов установлено присутствие в их составе таких групп биологически активных соединений, как флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, дубильные вещества и органические кислоты. Лидером по содержанию всех выявленных БАВ в цветках является сирень Комарова, затем следуют сирени гималайская и Звегинцова, минимальное количество БАВ отмечается в цветках сирени венгерской. Сравнительный анализ качественного состава и количественного содержания основных групп биологически активных веществ в изученных видах сирени, культивируемых в Республике Башкортостан, показывает перспективность их дальнейшего изучения с целью возможного применения в научной медицине и разработки фитопрепаратов на их основе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН “Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования” в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № 122033100041-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликов В.В., Колесник Н.Т. 1989. Способ количественного определения флавоноидов в растительном сырье. — Авторское свидетельство № 1507394 СССР, МКИ А 61 К 35/78. Бюлл. № 34.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. — Федеральная электронная медицинская библиотека, 2018. <https://femb.ru/record/pharmacopeia14>
3. Журихина Л.Н., Бондарук А.М., Капустин М.А., Свинтилова Т.Н., Цыганков В.Г., Головач Т.Н., Курченко В.П. 2017. Токсиколого-гигиеническая оценка спиртовых экстрактов коры сирени венгерской и сирени обыкновенной на *Tetrahymena pyriformis*. — Здоровье и окружающая среда. 27: 91–94. http://rspch.by/Docs/v27_sbornik.pdf
4. Климова И.Ю. 2005. Аналитические и технологические исследования по разработке новых препаратов на основе коры сирени обыкновенной: Автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Самара. 24 с.
5. Кравченко Е.С., Тарун Е.И., Курченко В.П. 2019. Антиоксидантная активность экстрактов коры различных видов сирени (*Syringa*). — В сб.: Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века. Мат. 19-й междунар. науч. конф. Минск. Т. 2. С. 92–95. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/230511>
6. Куркин В.А. 2013. Лекарственные растения как источник импортозамещающих препаратов. — Фармацевтические науки. 8: 139–142.
7. Куркин В.А. 2015. Фенилпропаноиды как важная группа биологически активных соединений лекарственных растений. — Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. 12(7): 1338–1342. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8148> (In Russian)
8. Куркин В.А., Рязанова Т.К., Серебрякова А.Д. 2021. Сравнительное исследование химического состава надземных органов сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.). — В сб.: 90 лет — от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы. Сб. мат. юбилейной междунар. науч. конфер. М. С. 237–244. https://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_237
9. Курченко В.П., Ризевский С.В., Эсауленко М., Цыганков В.Г., Бондарук А.М., Филонюк В.А., Спиридович Е.В. 2017. Состав и содержание биологически активных веществ в коре различных видов сирени Центрального ботанического сада НАН Беларуси. — Мат. Междунар. науч. конф., посв. 85-летию Центр. бот. сада НАН Беларуси. Минск. С. 249–255. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29775622>
10. Пастушенков Л.В., Лесиовская Е.Е. 1994. Фармакотерапия с основами фитотерапии: Учебник для медицинских и фармацевтических ВУЗов. СПб. 159 с.
11. Полякова Н.В., Кучерова С.В. 2008. Пылеаккумулирующие свойства сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) в городских экосистемах. — Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: Мат. III Междунар. науч.-практ. конф. Ишим. 3: 139–140. <http://guconf.ru/upload/iblock/de5/433c0f86660f2409e5dbf312302ec2a6.pdf>
12. Полякова Н.В., Путенихин В.П., Вафин Р.В. 2010. Сирени в Башкирском Предуралье: интродукция и биологические особенности. Уфа. 170 с.
13. Полякова Н.В. 2016. Интегральная оценка перспективности видов рода *Syringa* L. в коллекции Уфимского ботанического сада. — Изв. Уфимского научного центра РАН. 3: 70–73. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26586399>
14. Полякова Н.В. 2021. Интродукция охраняемого вида сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq.) на Южном Урале. — Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 1: 122–126. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2021-1-122-126>
15. Серебрякова А.Д., Куркин В.А. 2020. Разработка подходов к стандартизации листьев сирени обыкновенной. — Аспирантский вестник Поволжья. 1–2: 158–163. <https://doi.org/10.17816/2072-2354.2020.20.1.158-163>
16. Соколов С.Я., Замотаев И.П. 1993. Справочник по лекарственным растениям. Фитотерапия. Харьков. 241 с.
17. Соколов С.Я. 2000. Фитотерапия и фитофармакология: руководство для врачей. М. 976 с.
18. Спиридович Е.В., Шабуня П.С., Башилов А.В., Зубарев А.В., Гаранович И.М., Булыко С.Е., Гринкевич В.Г., Решетников В.Н. 2017. Селекционная оценка содержания синрингина у представителей рода Сирень (*Syringa* L.) в Центральном Ботаническом саду НАН Беларуси. — Докл. Национ. акад. наук Беларуси. 61(6): 80–88. <https://doklady.belnauka.by/jour/article/view/477>
19. Dudek M.K., Michalak B., Woźniak M., Czerwińska M.E., Filipek A., Granica S., Kiss A.K. 2017. Hydroxycinnamoyl derivatives and secoiridoid glycoside derivatives from *Syringa vulgaris* flowers and their effects on pro-inflammatory responses of human neutrophils. — Fitoterapia. 121: 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2017.07.008>
20. Jin L., Sun J., Jin M., Jin C., Diao S., Zhou W., Gao Li. 2020. Chemical constituents from *Syringa reticulata* (Bl.) Hara. — Biochemical Systematics and Ecology. 89: 103986. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2019.103986>

21. Kikuchi M., Yaoita Y., Mano N., Kikuchi M. 2010. Glycosides from the leaves of *Syringa vulgaris* and their growth inhibitory activity against human cancer cell lines. — *Shoyakugaku Zasshi: The Japanese Journal of Pharmacognosy*. 64(2): 104–105.
<http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10758447>
22. Su G., Cao Y., Li C., Yu X., Gao X., Tu P., Chai X. 2015. Phytochemical and pharmacological progress on the genus *Syringa*. — *Chem. Cent. J.* 9: 2. PMID: PMC4312558
<https://doi.org/10.1186/s13065-015-0079-2>
23. Tóth G., Barabás C., Tóth A., Kéry A., Béni S., Boldizsár I., Varga E., Noszá B. 2016. Characterization of antioxidant phenolics in *Syringa vulgaris* L. flowers and fruits by HPLC-DAD-ESI-MS. — *Biomed. Chromatogr.* 30(6): 923–932.
<https://doi.org/10.1002/bmc.3630>
24. Woźniak M., Michalak B., Wyszmierska J., Dudek M.K., Kiss A.K. 2018. Effects of phytochemically characterized extracts from *Syringa vulgaris* and isolated secoiridoids on mediators of inflammation in a human neutrophil model. — *Front. Pharmacol.* 9: 349.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00349>
25. Yan Y., O W., Zhao X., Ye X., Zhang C., Hao J., He H., Zhu X., Xu H., Yang X. 2010. Effect of essential oil of *Syringa pinnatifolia* Hemsl. var. *alashanensis* on ischemia of myocardium, hypoxia and platelet aggregation. — *J. Ethnopharmacol.* 131(2): 248–255.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.06.027>
26. Zhang J.F., Zhang S.J. 2007. An overview of the genus *Syringa*: phytochemical and pharmacological aspects. — *Nat. Sci. J. Hainan. Univ.* 2: 201–205.

Comparative Analysis of the Component Composition of Flowers in Some Species of the Genus *Syringa* (Oleaceae)

K. A. Pupykina^a, N. V. Polyakova^b, *, N. V. Kudashkina^a, E. V. Krasnyuk^a

^aBashkir State Medical University, Ufa, Russia

^bSouth Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

*e-mail: bloomerang11@gmail.com

Abstract—Due to the insufficient knowledge of the lilac flowers component composition, a comparative analysis of 6 species of the genus *Syringa* L. from the collection of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center RAS was carried out. *S. emodi* Wall., *S. josikaea* Jacq., *S. komarowii* Schneid., *S. reticulata* (Blume) H. Hara ssp. *amurensis* (Rupr.) P.S. Green et M.C. Chang, *S. sweginzowii* Koehne et Lingelsh., *S. vulgaris* L. were studied. The content of the major groups of biologically active compounds, namely flavonoids, hydroxycinnamic acids, tannins and organic acids, was established. The highest content of all identified groups of biologically active substances (BAS) was found in flowers of *S. komarowii*: flavonoids — $4.25 \pm 0.21\%$, hydroxycinnamic acids — $6.13 \pm 0.29\%$, tannins — $9.3 \pm 0.5\%$, ascorbic acid — $0.468 \pm 0.022\%$, and organic acids — $10.7 \pm 0.5\%$. In *S. emodi* and *S. sweginzowii* the content of these BAS is little less than in *S. komarowii*, and the minimum amount of BAS was found in *S. josikaea*. A comparative analysis of the qualitative and quantitative profiles of the BAS major groups in some lilac species cultivated in the Republic of Bashkortostan shows the prospects for their further study with the objective of their possible use in scientific medicine, and for the development of herbal remedies.

Keywords: *Syringa*, flowers, flavonoids, hydroxycinnamic acids, tannins, ascorbic acid, organic acids, Republic of Bashkortostan

ACKNOWLEDGMENTS

The work was funded by the Basic Research Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences “Biodiversity of Natural Systems and Plant Resources of Russia: Assessment of the State and Monitoring of Dynamics, Problems of Conservation, Reproduction, Increase and Rational Use” and within the framework of the State Research Assignment № 122033100041-9 of the YuUBSI UFIC RAS.

REFERENCES

1. Belikov V.V., Kolesnik N.T. 1989. [A method for the quantitative determination of flavonoids in plant materials: USSR author's certificate No. 1507394, MKI A 61 K 35/78]. № 34. (In Russian)
2. The State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV ed. 2018.
<https://femb.ru/record/pharmacopea14> (In Russian)

3. Zhurikhina L.N., Bondaruk A.M., Kapustin M.A., Svintilova T.N., Tsygankou V.G., Halavach T.N., Kurchenko V.P. 2017. Comparative toxicological and hygienic assessment of clathrates of β -cyclodextrine and hydroxypropylene β -cyclodextrine with ferulic acid on *Tetrahymena pyriformis*. — In: [Health and environment]. 27: 91–94. http://rspch.by/Docs/v27_sbornik.pdf (In Russian)
4. Klimova I.Yu. 2005. [Analytical and technological research on the development of new drugs based on the bark of common lilac: Abstr. ... Diss. Cand. (Pharmacology) Sci.]. Samara. 24 p. (In Russian)
5. Kravchenya E.S., Tarun E.I., Kurchenko V.P. 2019. Antioxidant activity extracts of the crust of different types of lilac (*Syringa*). — In: [Sakharov Readings 2019: Environmental problems of the XXI century. Proc. of the 19th intern. sci. conf.]. V. 2. Minsk. P. 92–95. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/230511> (In Russian)
6. Kurkin V.A. 2013. [Medicinal plants as a source for import-substituting drugs]. — Farmatsevticheskiye Nauki. 8: 139–142. (In Russian)
7. Kurkin V.A. 2015. Phenylpropanoids as the most important group of biologically active compounds of medicinal plants]. — International J. Applied and Fundamental Research. 12(7): 1338–1342. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8148> (In Russian)
8. Kurkin V.A., Ryazanova T.K., Serebryakova A.D. 2021. [The comparative study of the chemical composition of the above-ground organs of common lilac (*Syringa vulgaris* L.)]. — In: [90 years – from plant to drug: achievements and prospects. Proc. of intern. sci. conf.]. Moscow. P. 237–244. http://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_237 (In Russian)
9. Kurchenko V.P., Rizevskiy S.V., Esaulenko M., Tsygankov V.G., Bondaruk A.M., Filonyuk V.A., Spiridovich E.V. 2017. Composition and content of biologically active substances in the bark of various species of the lilac (*Syringa*) introduced in the central botanical garden of the National academy of science of Belarus. — In: Role of Botanical Gardens and Arboreta in conservation, investigation and sustainable using diversity of the plant world. Proc. Int. Conf. Minsk. P. 249–255. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29775622> (In Russian)
10. Pastushenkov L.V., Lesiovskaya E.E. 1994. [Pharmacotherapy with Phytotherapy Fundamentals: A Textbook for Medical and Pharmaceutical Schools]. St. Petersburg. 159 p. (In Russian)
11. Polyakova N.V., Kucherova S.V. 2008. [Dust accumulation properties of common lilac (*Syringa vulgaris* L.) in urban ecosystems]. — In: [Urboecosystems: problems and development prospects: Proceedings of the III International scientific and practical conference]. Ishim. P. 139–140. <http://ruconf.ru/upload/iblock/de5/433c0f86660f2409e5dbf312302ec2a6.pdf> (In Russian)
12. Polyakova N.V., Putenikhin V.P., Vafin R.V. 2010. [Lilacs in the Bashkir Cis-Urals: introduction and biological features]. Ufa. 170 p. (In Russian)
13. Polyakova N.V. 2016. [Integral assessment of the prospects of species of the genus *Syringa* L. in the collection of the Ufa Botanical Garden]. — In: [News of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 3: 70–73. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26586399> (In Russian)
14. Polyakova N.V. 2021. Introduction of a protected species Hungarian lilac (*Syringa josikaea* Jacq.) in the South Ural. — Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region. Natural Science. 1: 122–126. <http://doi.org/10.18522/1026-2237-2021-1-122-126> (In Russian)
15. Serebryakova A.D., Kurkin V.A. 2020. The development of approaches to the standardization of *Syringa vulgaris* leaves. — Aspirantskiy Vestnik Povolzh'ya. 1–2: 158–163. <https://doi.org/10.17816/2072-2354.2020.20.1.158-163> (In Russian)
16. Sokolov S.Ya., Zamotaev I.P. 1993. [Handbook of medicinal plants. Phytotherapy]. Kharkov. 241 p. (In Russian)
17. Sokolov S.Ya. 2000. [Phytotherapy and Phytopharmacology: A Guide for Physicians]. Moscow. 976 p. (In Russian)
18. Spiridovich E.V., Shabunya P.S., Bashilov A.V., Zubarev A.V., Garanovich I.M., Bulyka S.E., Hrynkevich V.G., Reshetnikov V.N. 2017. Selection estimation of syringin content in the representatives of the Lilac genus (*Syringa* L.) in the Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus. — Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus. 61(6): 80–88. <https://doklady.belnauka.by/jour/article/view/477> (In Russian)
19. Dudek M.K., Michalak B., Woźniak M., Czerwińska M.E., Filipek A., Granica S., Kiss A.K. 2017. Hydroxycinnamoyl derivatives and secoiridoid glycoside derivatives from *Syringa vulgaris* flowers and their effects on pro-inflammatory responses of human neutrophils. — Fitoterapia. 121: 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2017.07.008>
20. Jin L., Sun J., Jin M., Jin C., Diao S., Zhou W., Gao Li. 2020. Chemical constituents from *Syringa reticulata* (Bl.) Hara. — Biochemical Systematics and Ecology. 89: 103986. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2019.103986>
21. Kikuchi M., Yaoita Y., Mano N., Kikuchi M. 2010. Glycosides from the leaves of *Syringa vulgaris* and their growth inhibitory activity against human cancer cell lines. — Shoyakugaku Zasshi: The Japanese J. Pharmacognosy. 64(2): 104–105. <http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10758447>

22. Su G., Cao Y., Li C., Yu X., Gao X., Tu P., Chai X. 2015. Phytochemical and pharmacological progress on the genus *Syringa*. — Chem. Cent. J. 9: 2. PMCID: PMC4312558
<https://doi.org/10.1186/s13065-015-0079-2>
23. Tóth G., Barabás C., Tóth A., Kéry A., Béni S., Boldizsár I., Varga E., Noszál B. 2016. Characterization of antioxidant phenolics in *Syringa vulgaris* L. flowers and fruits by HPLC-DAD-ESI-MS. — Biomed. Chromatogr. 30(6): 923–932.
<https://doi.org/10.1002/bmc.3630>
24. Woźniak M., Michalak B., Wyszomierska J., Dudek M.K., Kiss A.K. 2018. Effects of phytochemically characterized extracts from *Syringa vulgaris* and isolated secoiridoids on mediators of inflammation in a human neutrophil model. — Front. Pharmacol. 9: 349.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00349>
25. Yan Y., O W., Zhao X., Ye X., Zhang C., Hao J., He H., Zhu X., Xu H., Yang X. 2010. Effect of essential oil of *Syringa pinnatifolia* Hemsl. var. *alashanensis* on ischemia of myocardium, hypoxia and platelet aggregation. — J. Ethnopharmacol. 131(2): 248–255.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.06.027>
26. Zhang J.F., Zhang S.J. 2007. An overview of the genus *Syringa*: phytochemical and pharmacological aspects. — Nat. Sci. J. Hainan. Univ. 2: 201–205.

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

ИЗМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНО-ГРУППОВОГО СОСТАВА ПОЛИФЕНОЛОВ В ЛИСТЬЯХ *ONICERA CAERULEA* И *SPIRAEA CHAMAEDRYFOLIA* В СВЯЗИ С ЭЛЕМЕНТНЫМ СОСТАВОМ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ НА УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПОРОДАХ

© 2023 г. И. Г. Боярских¹, *, В. А. Костикова¹

¹Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия

*e-mail: irina_2302@mail.ru

Поступила в редакцию 04.04.2023 г.

После доработки 10.04.2023 г.

Принята к публикации 17.04.2023 г.

С помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии проведено сравнительное изучение содержания основных классов биологически активных полифенолов в экстрактах листьев лекарственных видов *Spiraea chamaedryfolia* L. (Rosaceae) и *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* L. (Caprifoliaceae) в связи с изменением макро- и микроэлементного состава в системе почва–растение на участке с блоками-включениями серпентинитов в условиях Горного Алтая. В составе экстрактов листьев *S. chamaedryfolia* впервые определено 16 соединений, относящихся к разным классам полифенолов, из которых три компонента – фенолкарбоновые кислоты, 10 компонентов – флавонолы, два компонента – флавоны и один флаванон. У *L. caerulea* subsp. *altaica* подтверждено установленное ранее содержание гидроксикоричных кислот, флавонолов и флавонов и идентифицирован один компонент, относящийся к флаванонам. У растений изученных видов, произрастающих в зоне природной геохимической аномалии, выявлено видоспецифичное изменение вторичного метаболизма в ответ на особые эдафические условия и уровень накопления макро- и микроэлементов в листьях.

Ключевые слова: *Spiraea chamaedryfolia*, *Lonicera caerulea* subsp. *altaica*, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, серпентиниты, Горный Алтай

DOI: 10.31857/S0033994623020048, EDN: ZMQWQA

Влияние факторов окружающей среды на синтез вторичных метаболитов растениями привлекает значительное внимание в последнее десятилетие [1, 2]. Особое внимание уделяется изучению влияния высоких концентраций тяжелых металлов в среде обитаний растений на содержание биологически активных фенольных соединений (ФС) [3]. Районы естественных геохимических аномалий являются в определенной степени аналогами территорий с техногенным загрязнением и привлекают особое внимание, поскольку являются скрытыми источниками экологического риска.

Почвы, сформированные на ультраосновных породах (серпентинитах), характеризуются необычными химическими свойствами, они создают специфические экстремальные для растений эдафические условия, которые включают дефицит питательных веществ (Ca, K, P, N), неблагоприятное соотношение Ca/Mg и высокое содержание потенциально токсичных металлов (Cr, Ni, и Co) [4, 5]. Уровни накопления тяжелых метал-

лов могут превышать пределы нормального содержания и создавать экологические угрозы для экосистем и здоровья человека [4, 6]. Были показаны взаимосвязи между накоплением в растениях определенных классов биологически активных фенольных соединений и содержанием в них микроэлементов [7, 8], установлены зависимости между суммарным содержанием полифенолов и отдельных микроэлементов в некоторых лекарственных видах растений [9, 10].

Виды, произрастающие на почвах, сформированных на ультраосновных породах, по-разному приспособлены к этим особым эдафическим условиям. Отмечается влияние серпентинитных почв на содержание флавоноидов в популяции *Hypericum* L. (зверобой) в Болгарии [11]. При этом данные по изменениям вторичного метаболизма у растений в зонах серпентинитных геохимических аномалий очень фрагментарны.

Жимолость синяя – *Lonicera caerulea* сем. Caprifoliaceae Juss. – важное ресурсное растение. Ценность этого вида обусловлена сверххранним спо-

ком созревания плодов, высоким содержанием в органах растений биологически активных соединений — витамина С и полифенолов: антоцианов (цианид-3-глюкозид), флавонолов (кверцетин-3-рамнозид, кверцетин-3-рутинозид, кверцетин-3-глюкозид), флавонов (лютеолин-7-рутинозид, лютеолин-7-глюкозид), катехинов (катехин и эпикатехин), гидроксикоричных кислот (хлорогеновая, неохлорогеновая и дикофеилхинная кислоты) [12, 13], биологически значимых макро- и микроэлементов [14, 15], в комплексе проявляющих антиоксидантную, иммуномодулирующую, антибактериальную, противовирусную, противогрибковую, антиаллергическую и др. виды активности [15–17].

Этномедицинское использование видов рода *Spiraea* L. (спирея) сем. Rosaceae Juss. было задокументировано в Северной Америке, России и Азии [18]. Спиреи используются в качестве эффективных терапевтических обезболивающих, противовоспалительных, детоксицирующих, мочегонных и др. средств. Обоснованность лечебного применения видов спиреи в народной медицине подтверждена современными научными экспериментами [18]. Спирея дубравколистная (*Spiraea chamaedryfolia* L.) — кустарник до 150 см высотой. В листьях этого растения обнаружены оксibenзойные (галовая и протокатеховая) и оксикоричные кислоты (хлорогеновая, кофейная и *n*-кумаровая), а также флавоноиды (гиперозид и изокверцитрин) [19]. В корнях *S. chamaedryfolia* обнаружены алкалоиды, которые накапливаются во вторичной коре и вторичной ксилеме корня, тогда как в сердцевине алкалоиды отсутствуют [20]. Экстракты из *S. chamaedryfolia* различной полярности проявляют высокую ингибирующую активность в отношении ксантиноксидазы (>70%) и умеренную антибактериальную активность в отношении *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Moraxella catarrhalis* [21]. Водно-этанольные экстракты из спиреи дубравколивной проявляют среднюю противовирусную активность против вируса гриппа птиц А/Н5N1 [22].

Характерные особенности макро- и микроэлементного состава почв и органов растений лекарственных видов *S. chamaedryfolia* и *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* были установлены в результате ранее проведенных исследований на территории Горного Алтая на участке с блоками-включениями серпентинитов [23]. Исследования, выполненные на контрастных по макро- и микроэлементному составу почв участках в сходных микроклиматических условиях, позволяют провести оценку влияния этого фактора на макро- и микроэлементный состав ассимиляционных органов растений и содержание в них биологически активных фенольных соединений.

Целью данной работы было сравнительное изучение изменчивости содержания основных классов биологически активных фенольных соединений в экстрактах листьев двух лекарственных видов растений *Spiraea chamaedryfolia* и *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* на территории Горного Алтая в зоне выхода ультраосновных пород (серпентинитов) в связи с изменением содержания макро- и микроэлементов в почвах и растениях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019 г. в Республике Алтай, в окрестности пос. Кайтанак Усть-Коксинского р-на (50°09' с.ш., 85°27' в.д., 1150–1290 м н. у. моря) в пределах геоботанической подпровинции Центральный Алтай [24]. На основании геологической карты [25] был выделен участок с блоками-включениями серпентинитов (ультраосновные породы). Участок характеризовался наличием пород различного минерального состава на относительно небольшой площади. Это давало возможность провести сравнительный анализ содержания полифенолов у изученных видов в одном растительном сообществе, в сходных гидротермических, но контрастных геохимических условиях. Участок исследования расположен на территории приграничной с Катунским заповедником, что обеспечивало отсутствие техногенного загрязнения.

Пробные площадки Т1, Т2, Т3 и Т4 были выбраны на профиле длиной 0.35 км, в пригребневой зоне северного склона небольшого хребта (отрог хребта Актыйга), в березово-лиственничном, злаково-разнотравном сообществе. На этих площадках были выделены ценопопуляции лекарственных растений — *S. chamaedryfolia* и *L. caerulea* subsp. *altaica* [23].

Для анализа содержания макро- и микроэлементов в системе почва–растения на каждой пробной площадке производили отбор почвенных образцов и образцов листьев изучаемых видов (с 10–15 растений) методом квадрата и формировали средние пробы. Отбор проб для элементного анализа и определения содержания ФС проводили одновременно в период созревания плодов *L. caerulea* subsp. *altaica*. Листья растений высушивали в естественных условиях до воздушно-сухого состояния, измельчали и делили для разных аналитических исследований: анализа содержания макро- и микроэлементов методом атомно-эмиссионной спектрометрии [23] и анализа содержания фенольных соединений методом ВЭЖХ.

Для изучения фенольных соединений использовали водно-этанольные извлечения (70%-ный этиловый спирт) из листьев *S. chamaedryfolia* и *L. caerulea* subsp. *altaica*, полученные экстракцией

на водяной бане. Около 1.0 г (точная навеска) сырья, проходящего сквозь сито с диаметром отверстий 2–3 мм, помещали в круглодонную колбу с притертой крышкой объемом 100 мл. Сырье заливали 30 мл 70%-ного этилового спирта, колбу присоединяли к обратному холодильнику и помещали на кипящую водяную баню на 30 мин. Колбу время от времени взбалтывали, чтобы смыть частицы сырья со стенок. После чего колбу с извлечением охлаждали, и первую порцию экстракта фильтровали в коническую колбу с притертой крышкой объемом на 100 мл через бумажный фильтр. Далее сырье на фильтре помещали в круглодонную колбу и опять заливали 30 мл 70%-ного спирта и экстрагировали в течение 30 мин на кипящей водяной бане. Вторую порцию экстракта охлаждали и фильтровали к первой порции экстракта в колбу на 100 мл. Процедуру повторяли еще раз. Три порции экстракта перемешивали и измеряли объем полученного объединенного экстракта.

1 мл водно-этанольного экстракта разбавляли бидистиллированной водой до 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак C16 (ЗАО “БиоХимМак”). Вещества смывали с патрона 3-мя мл 70%-ного водно-этанольного раствора, а затем 2-мя мл 96%-ного этанола. Объединенный элюат пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм.

Анализ фенольных соединений, содержащихся в элюате, проводили на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей из жидкостного хроматографа “Agilent 1200” (США) с диодно-матричным детектором, автосамплером и системой для сбора и обработки хроматографических данных ChemStation, на основе модифицированной методики Т.А. vanBeek (2002). Использовали колонку Zorbax SB-C18, 4.6 × 150 мм, 5 мкм. Хроматографический анализ проводили сначала в изократическом режиме в системе метанол–0.1%-ная ортофосфорная кислота (31 : 69) в течение 27 мин, далее в режиме градиентного элюирования: в подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1%) изменялось от 33 до 46% за 11 мин, затем от 46 до 56% за следующие 12 мин и от 56 до 100% – за 4 мин. Скорость потока элюента 1 мл/мин. Температура колонки 26 °С. Объем вводимой пробы 10 мкл. Детектирование осуществляли при длинах волн $\lambda = 254, 270, 290, 340, 360$ и 370 нм.

Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах растений проводили по методу внешнего стандарта при $\lambda = 360$ нм. Для приготовления стандартных образцов использовали коричную кислоту (“Serva”), хлорогеновую кислоту, кверцетин, кемпферол, лютеолин-7-глюкозид (“Sigma-Aldrich”), изокверцитрин, витексин, рутин, кверцитрин, авикулярин,

спиреозид, астрагалин (“Fluka”). Неидентифицированные соединения относили к классу соединений по УФ-спектральным характеристикам, приведенным в литературных источниках [26, 27]. Расчет количественного содержания фенолкарбоновых кислот проведен по хлорогеновой кислоте, флавоноидов – по рутину.

Повторяемость (относительное стандартное отклонение) при определении фенольных компонентов составляло $\sigma_{r, \text{отн}} = 0.011$, относительное стандартное отклонение по времени удерживания в методе ВЭЖХ – 0.0018.

Для корреляционного анализа между содержанием ФС в экстрактах растений и элементным составом почв и растений использовали данные [28] по общему содержанию Al, B, Ba, Be, Ca, Co, Cr, Cu, Ga, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Si, Sr, Ti, V, Y, Yb, Zn, Zr в почвах и растениях (определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии), а также данные по содержанию подвижной формы K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Li, Sr в почвах и интенсивности их накопления растениями (экстрагент ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4.8, определяли атомно-абсорбционным методом). В таблицах приводили данные только по элементам со значимыми значениями корреляций.

Обработку экспериментальных данных проводили на основе методов описательной статистики и корреляционного анализа по методу Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные ранее исследования изменчивости содержания макро-и микроэлементов в системе почва–растение в пределах выделенных площадок [23] показали, что в почвах в зоне выхода ультраосновных пород (площадка Т3) отмечено значительное увеличение содержания Mg, Cr и Ni, а также снижение содержания Ca и P. Это является особенностью минерального состава почв, сформированных на серпентинитах [4, 5]. Не характерным для этого типа пород был высокий уровень концентрации K. Была установлена видовая специфичность аккумуляции отдельных элементов в органах растений, а также увеличение содержания Ni выше предельно допустимого уровня накопления и снижение содержания Ca в листьях *L. caerulea* subsp. *altaica* и *S. chamaedryfolia*, произрастающих на площадке Т3.

Изменчивость индивидуально-группового состава ФС двух подвидов *L. caerulea* (*L. caerulea* subsp. *pallasii* и *L. caerulea* subsp. *altaica*) в популяциях Горного Алтая была ранее изучена методами ВЭЖХ и ВЭЖХ-МС анализов [10, 13]. В результате данного исследования в экстрактах листьев особей из ценопопуляции *L. caerulea* subsp. *altaica*, произрастающих в окрестности п. Кайтанак было

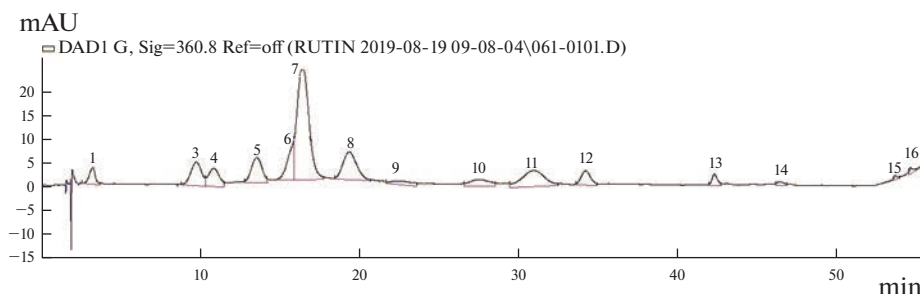


Рис. 1. Хроматограмма 70%-ного водно-этанольного извлечения из листьев *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (образец Т3) при 360 нм. По горизонтали — время удерживания, мин; по вертикали — сигнал детектора, единица оптической плотности. Номера пиков на хроматограмме соответствуют номерам пиков в табл. 1.

Fig. 1. Chromatogram of 70% hydroethanolic extract of *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* leaves (sample T3) at 360 nm. X-axis — retention time, min; y-axis — detector signal, the unit of optical density. The peak numbers in the chromatogram correspond to the peak numbers in Table 1.

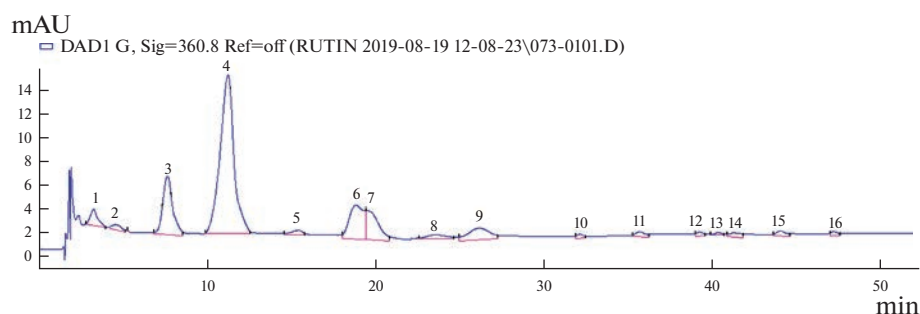


Рис. 2. Хроматограмма 70%-ного водно-этанольного извлечения из листьев *Spiraea chamaedryfolia* (образец Т3) при 360 нм. По горизонтали — время удерживания, мин; по вертикали — сигнал детектора, единица оптической плотности. Номера пиков на хроматограмме соответствуют номерам пиков в табл. 2.

Fig. 2. Chromatogram of 70% hydroethanolic extract of the leaves of *Spiraea chamaedryfolia* (sample T3) at 360 nm. X-axis — retention time, min; y-axis — the detector signal, the unit of optical density. The peak numbers in the chromatogram correspond to the peak numbers in Table 2.

установлено 16 индивидуальных компонентов ФС, относящихся к фенолкарбоновым кислотам, флавонолам, флавонам и флавононам (табл. 1, рис. 1). Основными компонентами ФС экстрактов листьев у *L. caerulea* subsp. *altaica* был лютеолин-7-глюкозид (флавоны), остальные определены в значительно меньших концентрациях, что соответствует ранее полученным результатам.

Методом ВЭЖХ в водно-этанольных экстрактах из листьев *S. chamaedryfolia* установлено 16 индивидуальных компонентов ФС, относящихся к классам: фенолокислоты, флавонолы, флавоны и флавононы. В исследуемых образцах спиреи идентифицированы две фенолокислоты (хлорогеновая и коричная кислоты), а также шесть флавоноидов. Изокверцитрин и кверцетин были выявлены в экстрактах из спиреи дубравколистной ранее [19]. Остальные флавоноиды — рутин, кемпферол, спиреозид и астрагалин — обнаружены в листьях *S. chamaedryfolia* впервые. Основными компонентами экстрактов листьев *S. chamaedryfolia* являются флавонол ($t_R = 7.3$ мин) и флаванон ($t_R = 11.5$ мин) (рис. 2, табл. 2).

Исследуемые виды растений различались по индивидуально-групповому составу ФС, по уровню накопления и соотношениям как отдельных индивидуальных фенольных компонентов (табл. 1, 2), так и их классов (рис. 3). Суммарное содержание ФС в экстрактах листьев *L. caerulea* subsp. *altaica* в 2–9 раз выше, чем у *S. chamaedryfolia*. Для *L. caerulea* subsp. *altaica* характерны значительно большие концентрации фенолкарбоновых кислот, флавонолов и флавонов. Содержание флавононов в экстрактах листьев *S. chamaedryfolia* больше в 3–19 раз, по сравнению с *L. caerulea* subsp. *altaica*.

Сравнительный анализ индивидуально-группового состава ФС экстрактов листьев растений *L. caerulea* subsp. *altaica* и *S. chamaedryfolia* также показал видоспецифичность по уровням накопления отдельных классов ФС в зависимости от места произрастания растений (рис. 3). Для растений спиреи дубравколистной, произрастающих в зоне выхода серпентинитов (площадка Т3), было характерно значительное увеличение суммарного содержания ФС в экстрактах листьев, в основном за счет увеличения уровня накопления

Таблица 1. Содержание фенольных соединений в экстрактах из листьев *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (мг/г воздушно-сухой массы сырья)**Table 1.** The content of phenolic compounds in extracts from the leaves of *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (mg/g air-dry mater)

№ пика* Peak №	Компонент Compound	Время удерживания (t_R), мин Retention time (t_R), min	Спектральная характеристика $\lambda_{\max}$, нм Spectral characteristic $\lambda_{\max}$, nm	Пробная площадка Sample plot			
				T1	T2	T3	T4
1	Хлорогеновая кислота Chlorogenic acid	3.2	244, 300 пл, 330	0.18	0.58	0.41	0.47
2	Фенолкарбоновая кислота Phenolic acid	7.8	250, 290, 315	0.39	0.82	0	0
3	Фенолкарбоновая кислота Phenolic acid	9.5	245, 290, 350	1.27	0.69	0.85	0.94
4	Флавонол Flavonol	10.8	250, 300 пл, 355	1.17	0.84	1.18	1.35
5	Флавонон Flavone	13.5	250, 345	1.79	1.51	2.54	1.64
6	Фенолкарбоновая кислота Phenolic acid	15.5	240, 320	0.75	1.54	0.72	0.98
7	Лютеолин-7-глюкозид Luteolin-7-glycoside	16.3	250, 265 пл, 290 пл, 350	8.91	11.14	6.19	8.82
8	Рутин Rutin	19.2	256, 358	3.22	2.33	3.49	2.83
9	Флавонон Flavone	22.3	250, 345	1.61	1.48	1.61	1.85
10	Флавонон Flavone	27.4	245, 330	2.36	1.88	1.31	1.32
11	Флавонол Flavonol	30.9	250, 295 пл, 330	2.97	2	2.27	2.99
12	Флавонон Flavone	34.2	250, 345	2.05	2	1.35	1.85
13	Флавонол Flavonol	42.3	250, 300 пл, 345	0.8	1.24	0.85	1.01
14	—	46.7	—	0.24	0.42	0.65	1
15	Флаванон Flavanone	53.6	280, 325	0.28	0.16	0.25	0.51
16	Флавонон Flavone	54.6	270, 340	0.37	0.3	0.23	0.28

Примечание: “—” — вещество не идентифицировано. * № пика в таблице соответствует номеру пика на рис. 1.

Note: “—” — substance is not identified. * The peak number in the table corresponds to the peak number in Fig. 1.

Таблица 2. Содержание фенольных соединений, в экстрактах из листьев *Spiraea chamaedryfolia* (мг/г воздушно-сухой массы сырья)**Table 2.** The content of phenolic compounds in extracts from the leaves of *Spiraea chamaedryfolia* (mg/g air-dry mater)

№ пика Peak №	Компонент Compound	Время удерживания (t_R), мин Retention time (t_R), min	Спектральная характеристика $\lambda_{\max}$, нм Spectral characteristic $\lambda_{\max}$, nm	Пробная площадка Sample plot			
				T1	T2	T3	T4
1	Хлорогеновая кислота Chlorogenic acid	3.2	244, 300 пл, 330	0.17	0.12	0.42	0.12
2	Флаванон Flavone	4.4	270, 320	0.06	0.03	0.14	0.05
3	Флавонол Flavonol	7.3	255, 355	0.59	3.35	1.63	2.49
4	Флаванон Flavanone	11.5	285, 335	0.95	3.12	5.72	2.31
5	Флавонол Flavonol	15.2	250, 265 пл, 355	0	0.11	0.21	0.12
6	Изокверцитрин Isoquercitrin	19.3	255, 268 пл, 355	0.18	1.5	1.13	0.48
7	Рутин Rutin	20	256, 358	0.23	0.29	0.81	0.25
8	Флаванон Flavone	23.8	250, 340	0.28	0.23	0.21	0.27
9	Спиреозид Spireoside	26.8	255, 265 пл, 300 пл, 365	0.36	0.5	0.6	0.59
10	Астрагалин Astragaline	32.5	265, 300 пл, 350	0	0.14	0.06	0.19
11	Коричная кислота Cinnamic acid	35.9	216, 270	0.13	0.04	0.07	0.14
12	Флавонол Flavonol	38.5	265, 300 пл, 355	0	0.12	0.13	0.1
13	Кверцетин Quercitrin	40.6	255, 372	0.06	0.08	0.1	0.07
14	Флавонол Flavonol	41.9	250, 265 пл, 300 пл, 360	0	0.07	0.06	0
15	Фенолкарбоновая кислота Phenolic acid	44	235, 300 пл, 315	0.08	0.11	0.11	0.14
16	Кемпферол Kaempferol	46.9	266, 370	0	0.1	0.11	0.05

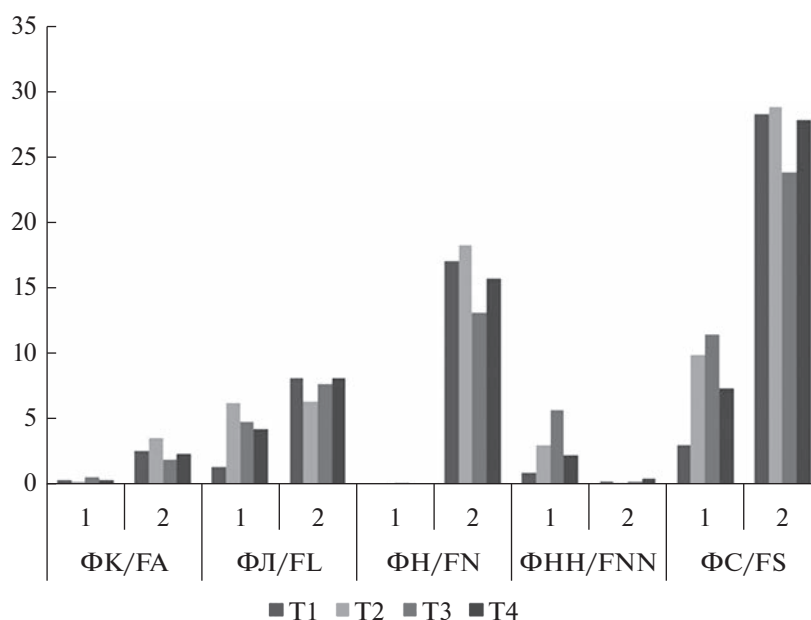


Рис. 3. Содержание классов флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в экстрактах листьев *Spiraea chamaedryfolia* и *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (мг/г воздушно-сухой массы). 1 – *S. chamaedryfolia*; 2 – *L. caerulea* subsp. *altaica*; ФК – фенолкарбоновые кислоты; ФЛ – флавонолы; ФН – флавоны; ФНН – флавононы, ФС – суммарное содержание фенольных соединений. По горизонтали – классы полифенолов в экстрактах листьев – *S. chamaedryfolia* (1) и *L. caerulea* subsp. *altaica* (2) в точках отбора Т1, Т2, Т3 и Т4. По вертикали – площадь хроматографических пиков, %.

Fig. 3. The content of the classes of flavonoids and phenol carboxylic acids in leaf extracts of *Spiraea chamaedryfolia* and *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (mg/g air-dry weight). FA – phenolic acids; FL – flavonols; FN – flavones; FNN – flavanones, FS – total content of phenolic compounds. X-axis – the classes of polyphenols in leaf extracts – *S. chamaedryfolia* (1) and *L. caerulea* subsp. *altaica* (2) at sampling points T1, T2, T3, and T4; y-axis – area of chromatographic peaks, %.

флаванонов и фенолкарбоновых кислот. На этой площадке в листьях *L. caerulea* subsp. *altaica* наблюдалось снижение содержания флавонов и фенолкарбоновых кислот, которое в основном определяло снижение суммарного содержания ФС.

Для выявления взаимосвязи содержания макро- и микроэлементов с уровнем накопления биологически активных полифенолов были определены коэффициенты корреляции между суммарным содержанием ФС, фенолкарбоновых кислот, флавонолов, флавонов, флаванонов и концентрацией отдельных макро- и микроэлементов, а также величиной отношений в листьях *L. caerulea* subsp. *altaica* и *S. chamaedryfolia* ключевых в физиологии растений элементов. Было проанализировано влияние содержания макро- и микроэлементов в почвах и интенсивности их накопления растениями (коэффициент биологического накопления) на содержание отдельных классов ФС.

С увеличением общего содержания в почве Со, Сг, Мг, Ni и Мо (установленного на площадке Т3) в листьях *S. chamaedryfolia* в большинстве случаев увеличивалась концентрация фенолкарбоновых кислот и флаванонов (табл. 3). Для *L. caerulea* subsp. *altaica* была характерна отрицательная связь между содержанием этих элементов и уровнем накопления в первую очередь флавана.

Снижение содержания Ва и Zr, установленное на площадке Т3, также связано с содержанием отдельных классов ФС в экстрактах листьев *S. chamaedryfolia* (отрицательно) и *L. caerulea* subsp. *altaica* (положительно).

Увеличение содержания подвижной формы Сг, Мг, Ni в почвах (табл. 4) влекло за собой значимое увеличение содержания флавононов в экстрактах листьев *S. chamaedryfolia*; у *L. caerulea* subsp. *altaica*, напротив, в большинстве случаев наблюдалось снижение суммарного содержания ФС, в основном за счет уменьшения концентрации флавонов. Величина рН положительно связана с уровнем накопления фенолоксилов в экстрактах листьев *S. chamaedryfolia* и отрицательно с их содержанием в экстрактах листьев *L. caerulea* subsp. *altaica*. Увеличение содержания флавонов у *S. chamaedryfolia* коррелирует со снижением содержания подвижной формы Fe и Na в почве.

Коэффициент биологического накопления кальция и калия положительно скоррелирован с содержанием фенолоксилов и флавонов в экстрактах листьев *L. caerulea* subsp. *altaica*. У *S. chamaedryfolia* установлены отрицательные зависимости между содержанием флавононов и интенсивностью накопления хрома, магния, натрия и никеля.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между содержанием классов фенольных соединений в экстрактах листьев растений и макро- и микроэлементах в растениях и почвах**Table 3.** Correlation coefficients between the content of classes of phenolic compounds in plant leaf extracts and macro- and microelements in plants and soils

Элементы Elements	Классы ФС Polyphenol classes	Валовое содержание в почвах Total content in soils		Общее содержание в растениях Total content in plants	
		<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>
Ba	1	−0.30	0.97	−0.89	0.98
	2	−0.99	0.94	−0.73	0.82
	3	0.14	−0.60	−0.57	−0.41
	4	−0.85	0.98	−0.20	0.94
	5	−0.62	−0.18	−1.00	0.13
Ca	1	−0.45	0.67	−0.91	0.65
	2	−0.65	0.71	−0.52	0.61
	3	−0.25	−0.45	−0.67	−0.28
	4	−0.43	0.79	0.04	0.76
	5	−0.52	−0.61	−0.96	−0.51
Co	1	0.63	−0.99	−0.19	0.71
	2	0.95	−0.75	0.27	0.93
	3	0.20	0.25	−0.21	−0.78
	4	0.60	−0.96	0.43	0.83
	5	0.87	−0.08	−0.15	−0.68
Cr	1	0.69	−0.92	−0.79	0.29
	2	0.86	−0.54	−0.83	0.77
	3	0.27	0.01	−0.41	−0.97
	4	0.45	−0.83	−0.37	0.43
	5	0.92	−0.41	−0.97	−0.83
Cu	1	−0.32	0.83	−0.96	−0.41
	2	−0.83	0.58	−0.28	−0.72
	3	0.13	−0.19	−0.84	0.72
	4	−0.64	0.72	0.32	−0.58
	5	−0.66	0.49	−0.89	0.89
Fe	1	−0.64	0.74	−0.39	0.53
	2	−0.67	0.29	−0.76	0.34
	3	−0.27	0.22	0.04	−0.12
	4	−0.28	0.60	−0.53	0.39
	5	−0.84	0.69	−0.70	0.65
K	1	0.68	−0.97	−0.92	0.70
	2	0.92	−0.66	−0.26	0.63
	3	0.25	0.13	−0.80	−0.27
	4	0.53	−0.91	0.32	0.80
	5	0.91	−0.24	−0.86	−0.45
Mg	1	0.64	−0.88	−0.80	0.55
	2	0.83	−0.50	−0.84	0.92
	3	0.22	−0.02	−0.45	−0.97
	4	0.45	−0.77	−0.38	0.66
	5	0.88	−0.50	−0.94	−0.68

Таблица 3. Окончание

Элементы Elements	Классы ФС Polyphenol classes	Валовое содержание в почвах Total content in soils		Общее содержание в растениях Total content in plants	
		<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>
Mn	1	−0.51	0.59	−0.38	0.89
	2	−0.56	0.60	−0.99	0.97
	3	−0.37	−0.33	0.06	−0.74
	4	−0.29	0.71	−0.80	0.91
	5	−0.52	−0.60	−0.67	−0.21
Mo	1	0.74	−0.85	−0.86	0.09
	2	0.77	−0.41	−0.21	−0.26
	3	0.36	−0.14	−0.87	0.43
	4	0.33	−0.74	0.30	−0.10
	5	0.94	−0.52	−0.68	0.95
Na	1	−0.62	0.80	−0.70	0.49
	2	−0.74	0.37	−0.86	0.34
	3	−0.23	0.13	−0.29	−0.16
	4	−0.36	0.66	−0.45	0.34
	5	−0.85	0.63	−0.93	0.61
Ni	1	0.65	−0.94	0.94	−0.75
	2	0.89	−0.60	0.38	−0.30
	3	0.22	0.07	0.77	−0.28
	4	0.51	−0.86	−0.20	−0.70
	5	0.90	−0.86	0.92	−0.70
Sr	1	−0.24	0.91	−0.96	0.77
	2	−0.94	0.97	−0.62	0.33
	3	0.17	−0.69	−0.71	0.24
	4	−0.84	0.96	−0.05	0.72
	5	−0.52	−0.38	−0.99	0.29
Yb	1	−0.42	0.94	−0.98	−0.64
	2	−0.93	0.70	−0.26	−0.45
	3	0.06	−0.27	−0.90	0.03
	4	−0.69	0.85	0.35	−0.71
	5	−0.74	0.33	−0.88	0.29
Zr	1	−0.67	0.97	−0.95	0.98
	2	−0.93	0.68	−0.27	0.89
	3	−0.25	−0.16	−0.91	−0.52
	4	−0.54	0.93	0.30	0.96
	5	−0.91	0.19	−0.80	0.00
Zn	1	−0.22	0.47	−0.96	0.90
	2	−0.45	0.13	−0.54	0.75
	3	0.10	0.17	−0.73	−0.30
	4	−0.29	0.29	0.04	0.94
	5	−0.47	0.83	−0.98	−0.23

Примечание: 1 – суммарное содержание полифенолов, 2 – суммарное содержание фенолкарбоновых кислот, 3 – суммарное содержание флавонолов, 4 – суммарное содержание флавонов, 5 – суммарное содержание флаванонов. Жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции, достоверные на уровне значимости $p < 0.05$.

Note: 1 – content of total polyphenols, 2 – content of total phenolic acids, 3 – content of total flavonols, 4 – content of total flavones, 5 – content of total flavanones. Bold type indicates correlation coefficients that are significant at a significance level $p < 0.05$.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между содержаниями классов полифенолов в экстрактах листьев *Spiraea chamaedryfolia*, *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* и подвижной формы макро- и микроэлементов в почвах, а также интенсивностью их поглощения растениями (КБН)

Table 4. Correlations coefficients between the polyphenol classes content in plant leaf extracts and the active forms of macro- and microelements in soils, as well as the rate of their uptake by plants

Элементы Elements	Классы ФС Polyphenol classes	Содержание подвижной формы элементов в почве Content of active forms of macro- and trace elements in soils		Коэффициент биологического накопления The coefficients of biological accumulation	
		<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>
Ca	1	−0.44	−0.19	−0.44	0.88
	2	0.27	−0.22	−0.49	0.94
	3	−0.69	0.27	−0.12	−0.64
	4	0.52	−0.07	−0.20	0.96
	5	−0.13	−0.48	−0.64	−0.44
Co	1	0.51	0.40	−0.49	0.25
	2	−0.53	0.84	0.19	−0.23
	3	0.75	−1.00	−0.52	0.68
	4	−0.88	0.50	0.53	0.21
	5	0.23	−0.67	−0.40	0.31
Cr	1	0.83	−0.75	−0.91	0.85
	2	0.65	−0.26	−0.41	0.44
	3	0.51	−0.31	−0.71	0.13
	4	0.15	−0.64	0.15	0.80
	5	0.96	−0.59	−0.92	0.29
Cu	1	0.00	0.59	−0.68	−0.85
	2	−0.62	0.43	0.29	−0.77
	3	0.40	−0.21	−0.92	0.48
	4	−0.62	0.45	0.71	−0.78
	5	−0.35	0.57	−0.35	−0.24
Fe	1	0.17	0.74	0.21	−0.95
	2	−0.83	0.86	0.92	−0.73
	3	0.62	−0.73	−0.27	0.30
	4	−0.96	0.72	0.82	−0.87
	5	−0.23	−0.03	0.58	−0.29
K	1	0.38	−0.89	−0.48	0.97
	2	0.88	−0.64	−0.45	0.87
	3	−0.09	0.22	−0.19	−0.51
	4	0.67	−0.79	−0.14	0.93
	5	0.71	−0.41	−0.66	0.06
Mg	1	0.69	−0.87	−0.72	0.78
	2	0.80	−0.46	−0.59	0.37
	3	0.29	−0.08	−0.40	0.12
	4	0.39	−0.76	−0.14	0.64
	5	0.91	−0.51	−0.87	0.65

Таблица 4. Окончание

Элементы Elements	Классы ФС Polyphenol classes	Содержание подвижной формы элементов в почве Content of active forms of macro- and trace elements in soils		Коэффициент биологического накопления The coefficients of biological accumulation	
		<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	<i>S. chamaedryfolia</i>	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>
Mn	1	−0.08	0.58	−0.29	0.24
	2	−0.63	0.84	−0.32	−0.10
	3	0.13	−0.75	−0.03	0.30
	4	−0.64	0.73	−0.12	0.05
	5	−0.21	−0.79	−0.48	0.91
Na	1	0.35	0.58	−0.88	0.28
	2	−0.69	0.93	−0.43	−0.02
	3	0.67	−0.97	−0.67	0.22
	4	−0.95	0.66	0.12	0.09
	5	0.03	−0.57	−0.91	0.87
Ni	1	0.75	−0.91	−0.98	0.56
	2	0.84	−0.52	−0.48	0.13
	3	0.35	−0.04	−0.83	0.26
	4	0.95	−0.83	0.11	0.38
	5	0.95	−0.39	−0.93	0.38
Sr	1	−0.72	0.29	−0.21	0.33
	2	−0.20	0.14	−0.37	0.02
	3	−0.75	0.15	0.08	0.20
	4	0.21	0.39	−0.22	0.15
	5	0.18	−0.39	−0.43	0.86
Zn	1	−0.08	−0.01	−0.38	0.58
	2	0.01	0.24	−0.24	0.19
	3	−0.22	−0.31	−0.17	0.19
	4	0.03	0.17	0.02	0.41
	5	0.07	−0.88	−0.51	0.81
рН сол	1	0.01	−0.86		
	2	0.92	−0.90		
	3	−0.46	0.67		
	4	0.95	−0.83		
	5	0.40	0.01		

Примечание: 1 – суммарное содержание полифенолов, 2 – суммарное содержание фенолкарбоновых кислот, 3 – суммарное содержание флавонолов, 4 – суммарное содержание флавонов, 5 – суммарное содержание флаванонов. Жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции, достоверные на уровне значимости $p < 0.05$.

Note: 1 – content of total polyphenols, 2 – content of total phenolic acids, 3 – content of total flavonols, 4 – content of total flavones, 5 – content of total flavanones. Bold type indicates correlation coefficients that are significant at a significance level $p < 0.05$.

Для *S. chamaedryfolia* и *L. caerulea* subsp. *altaica*, произрастающих на площадке ТЗ, характерно значительное увеличение концентрации Ni и Co, а также снижение содержания Ca в листьях [23]. При этом значимые зависимости между содержанием Ca и Ni в листьях и содержанием флавано-

нов характерны только для *S. chamaedryfolia*. Содержание Co в экстрактах листьев положительно коррелирует с содержанием фенолкарбоновых кислот только у *L. caerulea* subsp. *altaica*. Для исследованных видов установлены также значимые зависимости между содержанием Cr, Cu, K, Mg,

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между содержанием классов полифенолов в экстрактах листьев *Spiraea chamaedryfolia*, *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* и соотношениями макро- и микроэлементов в растениях
Table 5. Correlations coefficients between the content of polyphenol classes in plant leaf extracts and the ratios of macro- and microelements in plants

Виды Species	Ca/Mg					Fe/Mn					Cu/Zn				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>S. chamaedryfolia</i>	−0.80	−0.32	−0.62	0.19	−0.82	0.54	0.93	0.15	0.65	0.76	0.34	0.99	−0.12	0.83	0.65
<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	0.52	0.34	0.04	0.60	−0.34	−1.00	−0.88	0.47	−0.99	0.04	−0.87	−0.82	0.45	−0.94	0.38

Примечание: 1 – суммарное содержание полифенолов, 2 – суммарное содержание фенолкарбоновых кислот, 3 – суммарное содержание флавонолов, 4 – суммарное содержание флавонов, 5 – суммарное содержание флаванонов. Жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции, достоверные при уровне значимости $p < 0.05$.

Note: 1 – content of total polyphenols, 2 – content of total phenolic acids, 3 – content of total flavonols, 4 – content of total flavones, 5 – content of total flavanones. Bold type indicates correlation coefficients that are significant at a significance level $p < 0.05$.

Mn, Mo, Na, Sr и Zn и содержанием отдельных классов ФС. Причем эта связь у двух исследованных видов всегда характеризуется противоположным знаком (табл. 3).

Известно, что для минерального обмена растений большое значение имеет не только абсолютное содержание обменного Ca и Mg, но и их соотношение. Величина отношения Ca/Mg отрицательно коррелирует с содержанием флаванонов в экстрактах листьев *S. chamaedryfolia* (табл. 5).

Соотношения концентраций элементов Cu и Zn определяет степень пропорциональности в обеспечении этими физиологически важными элементами процессов ферментосинтеза и более жестко контролируется биологическими и физико-химическими механизмами поглощения и концентрации элементов [26, 27]. Величины соотношения Cu/Zn в ассимилирующих органах исследованных видов изменяются в незначительных пределах: у *L. caerulea* subsp. *altaica* от 0.2 до 0.3 в различных условиях Горного Алтая [14] и от 0.1 до 0.3 на площадках T1–T4. У *S. chamaedryfolia* соотношение Cu/Zn, на изученных площадках, варьирует в диапазоне 0.2–0.4 [23]. Установлены значимые линейные связи соотношения Cu/Zn с уровнями накопления фенолкарбоновых кислот и флавонов в экстрактах листьев изученных видов: для *S. chamaedryfolia* – положительные, для *L. caerulea* subsp. *altaica* – отрицательные (табл. 5).

Соотношение Fe/Mn является индикатором активности фотосинтеза, для разных видов растений его оптимальный диапазон находится в пределах 1.5–2.5 [6]. На изученных площадках соотношение Fe/Mn в экстрактах листьев у обоих видов растений было достаточно низким (у *L. caerulea* subsp. *altaica* – 0.3–1.1, у *S. chamaedryfolia* – 0.3–0.6) и коррелировало (в основном у *L. caerulea* subsp. *altaica*) с уровнями накопления фенокарбо-

новых кислот и флавонов, но с противоположными знаками (табл. 5).

Установленные зависимости между изменениями макро- и микроэлементного состава в системе почва–растение на серпентинитах и отдельных классами биологически активных полифенолов в листьях растений позволяют предположить участие ФС в механизмах устойчивости растений на ультраосновных породах, что отмечалось ранее [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе метода высокоэффективной жидкостной хроматографии проведены исследования содержания основных классов биологически активных полифенолов в экстрактах листьев лекарственных видов *Spiraea chamaedryfolia* L. (Rosaceae) и *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* L. (Caprifoliaceae) в связи с изменением макро- и микроэлементного состава в системе почва–растение на участке с блоками-включениями ультраосновных пород (серпентинитов) в условиях Горного Алтая. Были получены новые данные о содержании биологически активных полифенолов в листьях *S. chamaedryfolia*. Выполнен сравнительный анализ содержания основных классов ФС в экстрактах листьев *S. chamaedryfolia* и *L. caerulea* subsp. *altaica*, произрастающих в зоне выхода серпентинитов, в связи с содержанием макро- и микроэлементов в почвах и растениях. Проведенные исследования позволили установить изменение вторичного метаболизма у исследованных видов, которые имели различную реакцию на изменение эдафических условий. У *S. chamaedryfolia* и *L. caerulea* subsp. *altaica* выявлены противоположные по знаку линейные зависимости между содержанием в почве (и растениях) некоторых макро- и микроэлементов, и уровнем на-

копления отдельных классов ФС. Для растений *S. chamaedryfolia*, произрастающих в зоне выхода ультраосновных пород, характерно значительное увеличение уровня накопления флаванонов — основного класса ФС, установленного для этого вида. В листьях особей *L. caerulea* subsp. *altaica*, произрастающих в тех же условиях, отмечалось снижение содержания флавонов, являющихся основным для этого вида классом ФС. Возможно, такая реакция *L. caerulea* subsp. *altaica* говорит о более высоком уровне толерантности, что подтвержда-

ется и очень широким его распространением по всей бореальной зоне северного полушария [32].

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственных заданий ЦБС СО РАН (AAAA-A21-121011290027-6 и AAAA-A21-121011290025-2). Авторы выражают благодарность администрации ФГБУ “Государственный природный биосферный заповедник “Катунский” за помощь в организации исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brunetti C., Fini A., Sebastiani F., Gori A., Tattini M. 2018. Modulation of phytohormone signaling: A primary function of flavonoids in plant–environment interactions. — Front. Pl. Sci. 9: 1042. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01042>
2. Bautista I., Boscaiu M., Lidón A., Llinares J.V., Lull C., Donat M.P., Mayoral O., Vicente O. 2016. Environmentally induced changes in antioxidant phenolic compounds levels in wild plants. — Acta Physiol. Plant. 38(1): 9. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-2025-2>
3. Michalak A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. — Pol. J. Environ. Stud. 15(4): 523–530. <http://www.pjoes.com/pdf-87899-21758?filename=Phenolic%20Compounds%20and.pdf>
4. Kumarathilaka P., Dissanayake C., Vithanage M. 2014. Geochemistry of serpentinite soils: A brief overview. — J. Geol. Soc. Sri Lanka. 16: 53–63. <http://viduketha.nsf.gov.lk:8585/slsijn/JGSSL-VOL-16-2014/JGSSL-VOL-16-2014-53.pdf>
5. Marescotti P., Comodi P., Crispini L., Gigli L., Zucchini A., Fornasaro S. 2019. Potentially toxic elements in ultramafic soils: A study from metamorphic ophiolites of the Voltri Massif (Western Alps, Italy). — Minerals. 9(8): 502. <https://doi.org/10.3390/min9080502>
6. Kabata-Pendias A. 2010. Trace Elements in soils and plants. 4th ed. Boca Raton. 548 p. <https://doi.org/10.1201/b10158>
7. Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М., Бузук Г.Н., Соколова С.М. 2021. Почему растения лечат: около 200 видов лекарственных растений с кратким биохимическим описанием. Изд. 3. стереотип. М. 228 с.
8. Ловкова М.Я., Соколова С.М., Бузук Г.Н., Быховский В.Я., Пономарева С.М. 1999. Особенности элементного состава лекарственных растений, синтезирующих фенольные соединения. — Прикл. биохимия и микробиология. 35(5): 578–589.
9. Szymański M., Witkowska-Banaszczak E., Klak N., Marciniak K., Wołowicz T., Szymański A. 2014. Effects of trace Elements on polyphenolic compounds in *Millefoliiherba*. — Pol. J. Environ. Stud. 23(2): 459–466. <http://www.pjoes.com/pdf-89214-23073?filename=Effects%20of%20Trace%20Elements.pdf>
10. Боярских И.Г., Сысо А.И., Сиромля Т.И. 2019. Изменчивость содержания химических элементов и биологически активных полифенолов в органах *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (Caprifoliaceae) в высотном градиенте. — Сибирский экологический журнал. 6: 727–741. <https://doi.org/10.1134/S1995425519060039>
11. Krasteva I., Nedelcheva A., Pavlova D., Zdraveva P., Nikolov S., Mitov K. 2013. Influence of serpentine soils on the flavonoid content of *Hypericum* populations growing in Bulgaria. — Afr. J. Pharm. Pharmacol. 7(25): 1762–1765. <https://doi.org/10.5897/AJPP2013.3634>
12. Sharma A., Lee H.-J. 2021. *Lonicera caerulea*: An updated account of its phytoconstituents and health-promoting activities. — Trends Food Sci. Technol. 107: 130–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.013>
13. Боярских И.Г., Васильев В.Г., Кукушкина Т.А. 2014. Содержание флавоноидов и гидроксикоричных кислот в *Lonicera caerulea* (Caprifoliaceae) в популяциях Горного Алтая. — Раст. ресурсы. 50(1): 105–121. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21056295>
14. Боярских И.Г., Сысо А.И., Сиромля Т.И. 2018. Особенности минерального состава *Lonicera caerulea* в контрастных геохимических условиях. — Химия растит. сырья. 3: 129–138. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033740>
15. Golba M., Sokół-Lętowska A., Kucharska A.Z. 2020. Health properties and composition of honeysuckle berry *Lonicera caerulea* L. An update on recent studies. — Molecules. 25(3): 749. <https://doi.org/10.3390/molecules25030749>

16. Jurikova T., Rop O., Mlcek J., Sochor J., Balla S., Szekeres L., Hegedusova A., Hubalek J., Adam V., Kizek R. 2012. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects. — *Molecules*. 17: 61–79. <https://doi.org/10.3390/molecules17010061>
17. Минаева В.Г. 1991. Лекарственные растения Сибири / ред. А.В. Кумина. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 431 с.
18. Kostikova V.A., Petrova N.V. 2021. Phytoconstituents and bioactivity of plants of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae): a review. — *Int. J. Mol. Sci.* 22(20): 11163. <https://doi.org/10.3390/ijms222011163>
19. Карнова Е.А., Храмова Е.П. 2019. Динамика состава и содержания фенольных соединений представителей рода *Spiraea* L. в условиях транспортно-промышленного загрязнения г. Новосибирска. — *Химия в интересах устойчивого развития*. 2: 173–184. <https://doi.org/10.15372/KhUR2019123>
20. Kiss T., Cank K.B., Orbán-Gyapai O., Liktó-Busa E., Zomborszki Z.P., Rutkovska S., Pučka I., Németh A., Csopor D. 2017. Phytochemical and pharmacological investigation of *Spiraea chamaedryfolia*: A contribution to the chemotaxonomy of *Spiraea* genus. — *BMC Res. Notes*. 10(1): 762. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-3013-y>
21. Kiss T. 2017. Phytochemical, Pharmacological and Toxicological Studies of Alkaloid-and Sesquiterpene Lactone-Containing Medicinal Plants. — Ph. D. Thesis, University of Szeged, Szeged, Hungary. 66 p. <https://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/4083/1/kiss-tivadar-PhD-Thesis.pdf>
22. Костикова В.А., Филиппова Е.И., Высочина Г.И., Мазуркова Н.А. 2016. Противовирусная активность растений рода *Spiraea* (Rosaceae), произрастающих в азиатской части России. — В сб.: Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы: Материалы Междунар. конф., посвященной 70-летию Центрального сибирского ботанического сада. Новосибирск. С. 156–157. http://conf.nsc.ru/files/conferences/csb2016/343663/ЦСБС_CO_PAH_материалы.pdf
23. Боярских И.Г., Сиромля Т.И. 2022. Макро- и микроэлементный состав жимолости синей и спиреи дубравколистной в ценопопуляциях Горного Алтая в условиях геохимической аномалии. — *Химия растит. сырья*. 4: 211–220. <https://doi.org/10.14258/jcprgm.20220411294>
24. Кумина А.В. 1960. Растительный покров Алтая. Новосибирск. 456 с.
25. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. 2019. Изд. второе. Серия Горно-Алтайская. Лист М-45-XIV (Усть-Кокса). Объяснительная записка [Электронный ресурс] / О.М. Попова [и др.]; Минприроды России, Роснедра, Сибнедра, АО “Горно-Алтайская экспедиция”. — Электрон. текстовые дан. М. 272 с.
26. Запрометов М.Н. 1974. Основы биохимии фенольных соединений: учебн. пособие для биол. специальных ун-тов. М. 213 с.
27. Клышев Л.К., Бандюкова В.А., Алюкина Л.С. 1978. Флавоноиды растений. Алма-Ата. 220 с.
28. Glantz S.A. 2012. Primer of Biostatistics. 7-th ed. New York. 320 p. <https://accessbiomedicalsscience.mhmedical.com/book.aspx?bookid=665>
29. Аржанова П.В., Елпатьевский В.С. 1990. Геохимия ландшафтов и техногенез. М. 196 с.
30. Битюцкий Н.П. 2020. Микроэлементы высших растений. СПб. 368 с.
31. Алексеева-Попова Н.В., Дроздова И.В. 2013. Микроэлементный состав растений Полярного Урала в контрастных геохимических условиях. — *Экология*. 2: 90–98.
32. Скворцов А.К., Куклина А.Г. 2002. Голубые жимолости: Ботаническое изучение и перспективы культуры в средней полосе России. М. 160 с.

Changes in the Individual and Group Composition of Polyphenols in Leaves of *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* and *Spiraea chamaedryfolia* as Related to the Chemical Elements Content in Soil and Plants on the Ultra-Alkaline Parent Rock Material

I. G. Boyarskykh^a, *, V. A. Kostikova^a

^aCentral Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

*e-mail: irina_2302@mail.ru

Abstract—A comparative analysis of the main classes of biologically active polyphenols in extracts from the leaves of the medicinal species *Spiraea chamaedryfolia* L. (Rosaceae) and *Lonicera caerulea* L. (Caprifoliaceae) was performed. The features related to the macro- and trace elements' content in soil and phytomass in coenopopulations of the Mountain Altai at the site with sporadic occurrence of serpentinites were studied. In

the *S. chamaedryfolia* leaves high performance liquid chromatography identified 16 polyphenolic compounds. These polyphenols were attributed to different classes, namely phenol-carboxylic acids (3), flavonols (10), flavons (2) and one flavanon. As for the *L. caerulea* leaves, the analysis confirmed their polyphenolic composition, measured earlier, i.e. the presence of hydroxycinnamic acids, flavonols and flavons; but additionally, one more compound, identified as flavanone, was found. The study revealed species-specific shifts in plant secondary metabolism in response to specific edaphic properties and the level of macro- and trace elements accumulation in the leaves of plants, growing in the area with a natural geochemical anomaly.

Keywords: *Spiraea chamaedryfolia*, *Lonicera caerulea* subsp. *altaica*, flavonoids, phenolic acids, serpentinites, Altai

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out within the State Assignments for CSBG SB RAS (Project No. AAAA-A21-121011290027-6 and AAAA-A21-121011290025-2). The authors express their gratitude to the administration of the Federal State Budgetary Institution "State Natural Biosphere Reserve "Katunsky" for assistance in organizing the research.

REFERENCES

1. Brunetti C., Fini A., Sebastiani F., Gori A., Tattini M. 2018. Modulation of phytohormone signaling: A primary function of flavonoids in plant–environment interactions. — Front. Pl. Sci. 9: 1042. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01042>
2. Bautista I., Boscaiu M., Lidón A., Llinares J.V., Lull C., Donat M.P., Mayoral O., Vicente O. 2016. Environmentally induced changes in antioxidant phenolic compounds levels in wild plants. — Acta Physiol. Plant. 38(1): 9. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-2025-2>
3. Michalak A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. — Pol. J. Environ. Stud. 15(4): 523–530. <http://www.pjoes.com/pdf-87899-21758?filename=Phenolic%20Compounds%20and.pdf>
4. Kumarathilaka P., Dissanayake C., Vithanage M. 2014. Geochemistry of serpentinite soils: A brief overview. — J. Geol. Soc. Sri Lanka. 16: 53–63. <http://viduketha.nsf.gov.lk:8585/slsijn/JGSSL-VOL-16-2014/JGSSL-VOL-16-2014-53.pdf>
5. Mare Scotti P., Comodi P., Crispini L., Gigli L., Zucchini A., Fornasaro S. 2019. Potentially toxic elements in ultramafic soils: A study from metamorphic ophiolites of the Voltri Massif (Western Alps, Italy). — Minerals. 9(8): 502. <https://doi.org/10.3390/min9080502>
6. Kabata-Pendias A. 2010. Trace Elements in soils and plants. 4th ed. Boca Raton. 548 p. <https://doi.org/10.1201/b10158>
7. Lovkova M.Ya., Rabinovich A.M., Ponomareva S.M., Buzuk G.N., Sokolova S.M. 2021. [Why do plants cure?]. Moscow. 256 p. (in Russian)
8. Lovkova M.Ya., Sokolova S.M., Buzuk G.N., Bykhovskij V.Ya., Ponomareva S.M. 1999. Features of the elemental composition of medicinal plants synthesizing phenolic compounds. — Applied Biochemistry and Microbiology. 35(5): 514–524.
9. Szymański M., Witkowska-Banaszczak E., Klak N., Marciniak K., Wołowicz T., Szymański A. 2014. Effects of trace Elements on polyphenolic compounds in *Millefoliiherba*. — Pol. J. Environ. Stud. 23(2): 459–466. <http://www.pjoes.com/pdf-89214-23073?filename=Effects%20of%20Trace%20Elements.pdf>
10. Boyarskih I.G., Syso A.I., Siromlya T.I. 2019. Variability of chemical elements and biologically active polyphenols in *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (Caprifoliaceae) plant organs along an altitudinal gradient. — Contemporary Problems of Ecology. 12(6): 594–606. <https://doi.org/10.1134/S1995425519060039>
11. Krasteva I., Nedelcheva A., Pavlova D., Zdraveva P., Nikolov S., Mitov K. 2013. Influence of serpentine soils on the flavonoid content of *Hypericum* populations growing in Bulgaria. — Afr. J. Pharm. Pharmacol. 7(25): 1762–1765. <https://doi.org/10.5897/AJPP2013.3634>
12. Sharma A., Lee H.-J. 2021. *Lonicera caerulea*: An updated account of its phytoconstituents and health-promoting activities. — Trends Food Sci. Technol. 107: 130–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.013>
13. Boyarskih I.G., Vasiliev V.G., Kukushkina T.A. 2014. The content of flavonoids and hydroxycinnamic acids in *Lonicera caerulea* (Caprifoliaceae) from the populations of the Altai Mountains. — Rastitelnye Resursy. 50(1): 105–121. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21056295> (In Russian)
14. Boyarskih I.G., Syso A.I., Siromlya T.I. 2018. Mineral composition of *Lonicera caerulea* phytomass in contrasting geochemical environments. — Khimija Rastitel'nogo Syr'ya. 3: 129–138. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033740> (In Russian)

15. Gołba M., Sokół-Lętowska A., Kucharska A.Z. 2020. Health properties and composition of honeysuckle berry *Lonicera caerulea* L. An update on recent studies. — *Molecules*. 25(3): 749.
<https://doi.org/10.3390/molecules25030749>
16. Jurikova T., Rop O., Mlcek J., Sochor J., Balla S., Szekeres L., Hegedusova A., Hubalek J., Adam V., Kizek R. 2012. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects. — *Molecules*. 17(1): 61–79.
<https://doi.org/10.3390/molecules17010061>
17. Minayeva V.G. 1991. [Medicinal plants of Siberia]. Novosibirsk. 427 p. (in Russian).
18. Kostikova V.A., Petrova N.V. 2021. Phytoconstituents and bioactivity of plants of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae): A review. — *Int. J. Mol. Sci.* 22(20): 11163.
<https://doi.org/10.3390/ijms222011163>
19. Karpova E.A., Khranova E.P. 2019. Dynamics of phenolic composition and content of representatives of the genus *Spiraea* L. under the conditions of transport and industrial pollution in Novosibirsk. — *Chemistry for Sustainable Development*. 27: 154–165.
<https://doi.org/10.15372/CSD2019123>
20. Kiss T., Cank K.B., Orbán-Gyapai O., Liktör-Bus E., Zomborszki Z.P., Rutkovska S., Pučka I., Németh A., Csopor D. 2017. Phytochemical and pharmacological investigation of *Spiraea chamaedryfolia*: A contribution to the chemotaxonomy of *Spiraea* genus. — *BMC Res. Notes*. 10(1): 762.
<https://doi.org/10.1186/s13104-017-3013-y>
21. Kiss T. 2017. Phytochemical, Pharmacological and Toxicological studies of alkaloid-and sesquiterpene lactone-containing medicinal plants. — Ph.D. Thesis, University of Szeged, Szeged, Hungary. 66 p.
<https://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/4083/1/kiss-tivadar-PhD-Thesis.pdf>
22. Kostikova V.A., Filippova E.I., Vysochina G.I., Mazurkova N.A. 2016. [Antiviral activity of the *Spiraea* (Rosaceae) species growing in the Asian part of Russia]. — In: [Preservation of plant diversity in botanical gardens: traditions, present state, prospects. Proc. of the Int. conf. dedicated to the 70th anniversary of the Central Siberian Botanical Garden]. Novosibirsk. P. 156–157.
http://conf.nsc.ru/files/conferences/csb2016/343663/ЦСБС_CO_РАН_материалы.pdf (In Russian)
23. Boyarskykh I.G., Siromlya T.I. 2022. Macro- and trace elements composition of the blue honeysuckle and elm-leaf spirea cenopopulations in the geochemically abnormal environment in the Mountain Altai. — *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 4: 211–220. (In Russian).
<https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411294>
24. Kuminova A.V. 1960. [Vegetation cover of Altai]. Novosibirsk. 456 p. (in Russian)
25. [State Geological Map of the Russian Federation. The 1 : 200000. 2nd ed., Ser. Gorno-Altai. Sheet M-45-XIV (Ust-Koksa). Explanatory note] 2019. Moscow. 272 p.
http://geo.mfvsegei.ru/200k/Zap/Zap_M-45-XIV.pdf (In Russian)
26. Zaprometov M.N. 1974. [Fundamentals of biochemistry of phenolic compounds: textbook]. Moscow. 1974. (In Russian)
27. Klyshev L.K., Bandyukova V.A., Alyukina L.S. 1978. [Plant flavonoids]. Alma-Ata. 220 p. (in Russian)
28. Glantz S.A. 2012. Primer of Biostatistics. 7th ed. New York. 320 p.
<https://accessbiomedicalsscience.mhmedical.com/book.aspx?bookid=665>
29. Arzhanova V.S., Elpatyevsky P.V. 1990. [Geochemistry of landscapes and technogenesis]. Moscow. 196 p. (In Russian).
30. Bityutskiy N.P. 2020. [Microelements of Higher Plants]. St. Petersburg. 368 p. (In Russian)
31. Alexeeva-Popova N.V., Drozdova I.V. 2013. Micronutrient composition of the Polar Urals under contrasting geochemical conditions. — *Russ. J. Ecol.* 44(2): 100–107.
<https://doi.org/10.1134/S1067413613020033>
32. Skvortsov A.K., Kuklina A.G. 2002. [Blue honeysuckle: Botanical study and cultural perspectives in Central Russia]. Moscow. (In Russian)

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ НА ЭКОЛОГО-ФИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТКОВ *CRATAEGUS FALLACINA* (ROSACEAE) (НА ПРИМЕРЕ ДОНБАССА)

© 2023 г. Н. А. Виноградова¹, *, А. З. Глухов²

¹Государственная образовательная организация высшего профессионального образования
“Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького”, г. Донецк, Россия

²Государственное бюджетное учреждение “Донецкий ботанический сад”, г. Донецк, Россия

*e-mail: arina0vinogradova@yandex.com

Поступила в редакцию 31.01.2023 г.

После доработки 01.03.2023 г.

Принята к публикации 26.04.2023 г.

В условиях техногенного загрязнения в цветках *Crataegus fallacina* Klok. установлено снижение содержания каротиноидов и повышение концентрации флавоноидов, процианидинов, дубильных веществ, антоцианов, аскорбиновой, оксикоричных и свободных органических кислот, а также увеличение суммарной антиоксидантной активности. Выявлена способность растений *C. fallacina* ограничивать поступление кадмия и свинца в генеративные органы. Показано, что концентрация ртути в цветках *C. fallacina* превышает содержание этого элемента в почве. Установлено соответствие цветков *C. fallacina*, заготовленных в Донбассе, требованиям нормативной документации по содержанию действующих веществ и их экологическая безопасность по содержанию тяжелых металлов.

Ключевые слова: *Crataegus fallacina*, цветки, техногенное загрязнение, тяжелые металлы, биологически активные вещества, антиоксидантная активность

DOI: 10.31857/S0033994623020115, **EDN:** ZNQIKB

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения основной причиной смерти во всем мире являются сердечно-сосудистые заболевания [1]. Использование в комплексной терапии и профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы лекарственных растительных препаратов имеет ряд преимуществ: они оказывают мягкое комплексное терапевтическое воздействие наряду с низкой вероятностью побочных эффектов. Наиболее широко в кардиологической практике применяют лекарства на основе растительного сырья, полученного из листьев, цветков и плодов представителей рода *Crataegus* L. (боярышник), обладающих кардиотоническим, антиаритмическим и гипотензивным действием [2–4]. Безопасность препаратов на основе растений рода *Crataegus* для человека доказана различными исследованиями и многолетней историей применения, что является преимуществом перед синтетическими лекарственными средствами с подобным действием [5, 6].

Род *Crataegus* (семейство Rosaceae Juss.) является очень многочисленным (по разным оценкам включает от 250 до 1250 видов): на территории России насчитывается около 50 дикорастущих и около 90 интродуцированных видов [7–9]. Тем не

менее, только некоторые представители этого рода разрешены к использованию в официальной медицине. В Государственную Фармакопею (ГФ) Российской Федерации (РФ) включены такие виды как *Crataegus laevigata* (Poir.) DC. (*C. oxyacantha* sensu Pojark.), *C. korolkowii* L. Henry, *C. chlorocarpa* Lenne et C. Koch, *C. altaica* (Loud.) Lange, *C. dahurica* Koehne ex Schneid., *C. monogina* Jacq., *C. alemanniensis* Cinovskis, *C. pentagyna* Waldst. et Kit., *C. orientobaltica* Cinovskis, *C. curvisepala* Lindm., *C. × curonica* Cinovskis, *C. × dunensis* Cinovskis, *C. sanguinea* Pall. [10]. Значительное количество видов рода *Crataegus* имеет достаточную сырьевую базу, но в настоящее время не используется в фармации в связи с малой изученностью компонентного состава. Это делает целесообразным проведение их комплексного фитохимического исследования.

Актуальными такие исследования являются и для Донбасса, крупного горно-промышленного региона, растительный мир которого насчитывает более 2000 видов, из которых около 300 могут быть потенциально использованы как лекарственные [11]. Так, например, аборигенный для флоры Донбасса вид *Crataegus fallacina* Klok. (боярышник обманчивый), который часто встреча-

ется на этой территории по склонам степных балок [12], мало изучен в отношении компонентного состава вегетативных и генеративных органов, что препятствует возможности его использования в медицине. Для оценки перспективности введения *C. fallacina* в официальную номенклатуру необходимо изучить его компонентный состав и оценить соответствие требованиям нормативной документации. Разрешенным сырьем боярышника в фармации России являются плоды и цветки, за рубежом также используют листья [10, 13]. Ранее нами уже были представлены результаты исследования листьев и плодов *C. fallacina* [14].

Донбасс характеризуется значительной техногенной нагрузкой на природную среду, что обусловлено высокой плотностью населения, насыщенностью транспортными коммуникациями и преобладанием в структуре промышленности отраслей со значительным количеством эмиссий (электроэнергетики, угольной, металлургической, машиностроительной, химической). В последние годы актуальной стала опасность выброса ксенобиотиков в результате военных действий. В связи с этим для оценки целесообразности использования растений региона в фармации важно исследовать накопление ими токсикантов, а также выявить изменение содержания в лекарственном сырье биологически активных веществ (БАВ) в зависимости от интенсивности техногенного прессинга. Действующими веществами представителей рода *Crataegus* являются фенольные соединения, важной функцией которых является защита растений от неблагоприятных факторов, поэтому их содержание может значительно изменяться в условиях городской среды [15–19].

При выращивании лекарственных растений в урбанизированной среде существует опасность их загрязнения тяжелыми металлами. Приоритетными по степени опасности являются ртуть, свинец и кадмий, согласно действующей российской нормативной документации, именно их содержание нормируется в растительном сырье, предназначенном для изготовления лекарственных препаратов [20].

Цель работы – выявление компонентного состава и оценка лекарственной ценности цветков *Crataegus fallacina* в урбанизированной среде обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Цветки *C. fallacina* заготавливали в мае–июне 2020 г. в период массового цветения, на территории Донбасса в зонах, значительно различающихся по интенсивности антропогенного прессинга: в природной экосистеме (овражно-балочный степной фитоценоз) урочища “Балка Певчая” (относительно экологически чистая территория,

выбранная в качестве контроля); на территории Донецкого ботанического сада, расположенного на окраине г. Донецка (зона умеренной техногенной нагрузки) и в аллейном насаждении вдоль городской автотрассы с интенсивным движением (зона сильной техногенной нагрузки). Выборка составляла 5 особей в каждой исследуемой зоне. Отбор проб для анализов проводили с помощью выделения средней пробы методом квартования в соответствии с фармакопейными требованиями [20]. Все эксперименты проводили на высушенном сырье, в трех аналитических повторностях. Для оценки состояния среды обитания *C. fallacina* в разных зонах определяли концентрацию Pb, Cd и Hg в цветках и содержание их подвижных (наиболее доступных растениям) форм в почве.

Жизненное состояние растений *C. fallacina* оценивали по 6-ти балльной шкале повреждений деревьев и кустарников в зоне воздействия технологических эмиссий [21]. Состояние растений, произрастающих в условиях контроля и умеренной техногенной нагрузки, было оценено как хорошее, в условиях сильной нагрузки – как удовлетворительное.

Для определения содержания дубильных веществ и аскорбиновой кислоты использовали фармакопейные титриметрические методы, концентрацию антоцианов и оксикоричных кислот определяли спектрофотометрически, влажность – гравиметрически [10, 21]. Определение концентрации флавоноидов проводили спектрофотометрическим методом [22]. Содержание свободных органических кислот определяли титриметрически, каротиноидов – спектрофотометрически [23]. Для количественного определения процианидинов использовали модифицированный метод Porter [24]. Все результаты по содержанию БАВ приводили в пересчете на абсолютно сухое сырье.

О суммарной антиоксидантной активности исследуемого сырья судили по его способности ингибировать аутоокисление адреналина *in vitro* в щелочной среде и тем самым предотвращать образование активных форм кислорода [25]. Для определения содержания тяжелых металлов образцы почв отбирали из корнеобитаемого слоя на глубине от 0 до 10 см, экстракцию подвижных форм металлов проводили ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4.8. Содержание тяжелых металлов в почве и цветках определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [21, 26].

Полученные данные обрабатывали на основе методов описательной статистики. Значимость различий между содержанием БАВ в цветках экземпляров *C. fallacina*, произрастающих в условиях умеренной и сильной техногенной нагрузки и в условиях контроля оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Таблица 1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах исследованных территорий Донбасса и цветках *Crataegus fallacina* Klok**Table 1.** The content of active forms of heavy metals in the soils of the studied areas of the Donetsk Region and in the flowers of *Crataegus fallacina* Klok

Интенсивность техногенной нагрузки Intensity of technogenic load	Содержание тяжелых металлов, мг/кг Content of active forms of heavy metals, mg/kg		
	Pb	Cd	Hg
Почва Soil			
Контроль Control	0.105 ± 0.001	0.328 ± 0.002	Менее 0.01 Less than 0.01
Умеренная Background	0.328 ± 0.001	0.621 ± 0.002	Менее 0.01 Less than 0.01
Сильная High	1.641 ± 0.002	0.906 ± 0.006	Менее 0.01 Less than 0.01
Предельно допустимое содержание Maximum allowable concentration [27]	6.0	—	—
Цветки <i>C. fallacina</i> Flowers of <i>C. fallacina</i>			
Контроль Control	Менее 0.1 Less than 0.1	0.013 ± 0.001	0.021 ± 0.001
Умеренная Background	Менее 0.1 Less than 0.1	0.022 ± 0.001	0.057 ± 0.003
Сильная High	Менее 0.1 Less than 0.1	0.021 ± 0.001	0.025 ± 0.001
Предельно допустимое содержание Maximum allowable concentration [21]	6.0	1.0	0.1

Примечание. “—” означает отсутствие общепринятого предельно допустимого содержания.

Note. “—” maximum allowable concentration is not defined.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения содержания металлов-загрязнителей в цветках *C. fallacina* и в почве представлены в табл. 1. В зависимости от интенсивности техногенной нагрузки, уровень свинца в исследуемых почвах Донбасса варьирует от 0.1 до 1.6 мг/кг, при этом в цветках его концентрация остается минимальной, что свидетельствует о наличии у растений *C. fallacina* физиологического барьера, препятствующего поступлению этого поллютанта в генеративные органы.

Концентрация кадмия в цветках *C. fallacina* увеличивается с ростом его содержания в почве, однако остается в пределах нормы. Для того чтобы оценить количество кадмия, перешедшее из почвы в растительный материал, был проведен расчет величин коэффициента биологического накопления (КБН), представляющего собой отношение содержания элемента в растениях к содержанию в почве [28]. В зонах контроля и умеренного загрязнения КБН составляет 0.03, при сильной техногенной нагрузке — 0.02. Выявленное снижение величины КБН, наблюдаемое при усилении загрязнения, свидетельствует о способ-

ности растений ограничивать поступление кадмия в цветки при его повышенном содержании в почве.

Содержание ртути во всех анализируемых образцах почв минимально, однако в цветках *C. fallacina* выявлена более значительная концентрация этого элемента, что указывает на аэротехногенное поступление. Максимальная концентрация ртути выявлена в цветках растений из зоны умеренной техногенной нагрузки, при этом превышения ПДК не зарегистрировано. Важно отметить, что даже в условиях урбанизированной среды Донбасса, несмотря на увеличение уровня тяжелых металлов в почве, их содержание в цветках *C. fallacina* не превышает ПДК, следовательно, анализируемый растительный материал может быть использован для изготовления лекарственных средств.

Не менее важным вопросом при анализе возможности выращивания лекарственных растений в урбанизированной среде является исследование динамики концентрации БАВ. Результаты определения содержания различных групп БАВ в цветках растений *C. fallacina*, произрастающих на территории Донбасса в условиях техногенной на-

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ в цветках *Crataegus fallacina* Klok. в зависимости от уровня техногенного загрязнения среды (в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье)
Table 2. The content of biologically active substances in the flowers of *Crataegus fallacina* Klok. depending on the level of technogenic pollution (% , on oven dry basis)

Группа биологически активных веществ Group of biologically active substances	Уровень техногенной нагрузки The level of technogenic load		
	контроль control	умеренная background	сильная high
Флавоноиды (в пересчете на гиперозид) Flavonoids (expressed as hyperoside)	0.95 ± 0.03	1.10 ± 0.04*	1.45 ± 0.04***
Дубильные вещества (в пересчете на танин) Tannins (expressed as tannin)	4.18 ± 0.15	4.83 ± 0.23*	4.98 ± 0.18**
Свободные органические кислоты (в пересчете на лимонную кислоту) Free organic acids (expressed as citric acid)	8.7 ± 0.4	9.9 ± 0.4*	11.4 ± 0.5**
Аскорбиновая кислота Ascorbic acid	0.092 ± 0.003	0.112 ± 0.004**	0.141 ± 0.006***
Процианидины (в пересчете на цианидина хлорид) Procyanidins (expressed as cyanidin chloride)	2.12 ± 0.08	2.99 ± 0.15***	2.01 ± 0.08
Оксикоричные кислоты (в пересчете на хлорогеновую кислоту) Oxycinnamic acids (expressed as chlorogenic acid)	2.61 ± 0.09	2.76 ± 0.11*	2.80 ± 0.13*
Антоцианы (в пересчете на цианидина-3-О-глюкозид) Anthocyanins (expressed as cyanidin-3-O-glucoside)	1.44 ± 0.06	4.99 ± 0.20***	1.46 ± 0.05
Каротиноиды (в мг%, в пересчете на β-каротин) Carotenoids (mg %, expressed as β-carotene)	0.091 ± 0.004	0.076 ± 0.004*	0.053 ± 0.003***

Примечание. Достоверность различий с контролем: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$.
 Note. Significance of differences from the control: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

грузки различной интенсивности, представлены в табл. 2. В первую очередь необходимо оценить соответствие сырья исследуемого вида требованиям ГФ РФ. Согласно соответствующей фармакопейной статье, при оценке доброкачественности цветков боярышника в них нормируется концентрация флавоноидов (не менее 0.5%) [10]. Все изученные нами образцы цветков *C. fallacina* соответствуют этому требованию, более того, концентрация флавоноидов в них превышает норму в 1.9–2.9 раз, что свидетельствует о возможности использования этого вида для изготовления лекарственных препаратов наряду с фармакопейными видами боярышника.

В условиях техногенной среды в цветках *C. fallacina* выявлено повышение уровня всех исследуемых веществ (за исключением каротиноидов), что свидетельствует об их участии в адаптации. Отдельно надо отметить процианидины и антоцианы – их содержание в условиях умеренной техногенной нагрузки увеличивается, а при сильной – не имеет достоверной разницы с контролем. Такая двухфазная зависимость, при которой низкие дозы воздействующего фактора оказывают стимулирующее влияние, а высокие дозы – ингибирующее воздействие, является горметической

[29], и, вероятно, объясняется переключением ресурсов растений на синтез более эффективных в данных условиях фенольных метаболитов.

Растения рода *Crataegus* отличаются тем, что лекарственной ценностью у них обладают и листья, и цветки, и плоды. Используя опубликованные нами ранее данные [14], интересно сравнить динамику содержания БАВ в различных надземных органах *C. fallacina* в условиях техногенной среды. Это позволит расширить представление о формировании экологической толерантности этого вида к условиям городской среды. Установлено, что динамика содержания большинства анализируемых веществ в цветках аналогична таковой в листьях, в то время как в плодах концентрации всех исследуемых нами соединений, за исключением флавоноидов, уменьшаются. Полученные результаты свидетельствуют о важной роли флавоноидов в антиоксидантной системе растений *C. fallacina*. Содержание этих метаболитов (которые, согласно российской ГФ, являются действующими веществами растений рода *Crataegus*) в сырье *C. fallacina* возрастает в следующем ряду: плоды < цветки < листья.

Согласно Европейской Фармакопее, действующими веществами плодов боярышника счита-

Таблица 3. Антиоксидантная активность цветков *Crataegus fallacina* Klok. (в % ингибирования аутоокисления адреналина)**Table 3.** Antioxidant activity of the flowers of *Crataegus fallacina* Klok. (% of adrenaline autooxidation inhibition)

Уровень техногенной нагрузки The level of technogenic load	Антиоксидантная активность, % Antioxidant activity, %		
	3 мин 3 min	5 мин 5 min	7 мин 7 min
Контроль Control	35.4 ± 0.8	38.0 ± 0.9	43.2 ± 1.1
Умеренная Background	47.9 ± 0.9***	50.1 ± 1.0***	53.3 ± 1.1***
Сильная High technogenic load	44.2 ± 0.9***	50.0 ± 0.9***	52.0 ± 1.2***

Примечание. Достоверность различий с контролем: *** — $p < 0.001$.

Note. Significance of differences from the control: *** $p < 0.001$.

ются не флавоноиды, а другие фенольные соединения — процианидины, уровень которых должен составлять не менее 0.06% [13]. Концентрация этих метаболитов в цветках *C. fallacina* удовлетворяет этому требованию и сравнима с концентрацией в плодах, а в условиях техногенной нагрузки — превышает ее (в 1.5 раз при умеренном загрязнении и в 3.1 раз — при сильном). Таким образом, в условиях урбанизированной среды уровень процианидинов в цветках *C. fallacina* является более стабильным, чем в плодах. В предыдущем издании Европейской Фармакопеи [10] указывалась более высокая норма содержания процианидинов в плодах боярышника (не менее 1%). Анализируемые нами плоды *C. fallacina* из зоны сильного загрязнения, в отличие от цветков, не соответствовали этому требованию. Это еще раз доказывает лекарственную ценность исследуемого вида сырья.

Многие БАВ являются низкомолекулярными антиоксидантами и входят в состав многокомпонентной антиоксидантной системы, от активности которой во многом зависит устойчивость растений к загрязнению [30, 31]. В табл. 3 представлены результаты определения антиоксидантной активности цветков *C. fallacina* из различающихся по уровню техногенной нагрузки мест произрастания.

Установлено, что все исследуемые извлечения из цветков *C. fallacina* обладают антиоксидантной активностью. В условиях техногенного прессинга наблюдается ее увеличение, что может быть в определенной степени связано с выявленным нами повышенным уровнем отдельных низкомолекулярных антиоксидантов. Установлено, что антиоксидантная активность различных надземных органов *C. fallacina* с усилением техногенной нагрузки изменяется однонаправленно. При этом способность нейтрализовать активные формы кис-

лорода увеличивается в ряду: плоды < цветки < листья. Полученные результаты согласуются с выявленным нами максимальным содержанием большинства исследуемых веществ, обладающих антиоксидантной активностью, в листьях растений анализируемого вида. С одной стороны, полученные результаты свидетельствуют о достаточной приспособленности растений *C. fallacina* к урбанизированной среде, с другой — о потенциальной возможности их использования в фармации в качестве источника антиоксидантов.

ВЫВОДЫ

Изучение компонентного состава цветков *Crataegus fallacina* Klok. (боярышника обманчивого), собранных из различающихся по уровню техногенной нагрузки мест произрастания на территории Донбасса, показало:

1. В условиях техногенной среды в цветках *C. fallacina* наблюдается увеличение концентрации фенольных соединений (флавоноидов, оксикоричных кислот, процианидинов, дубильных веществ, антоцианов), аскорбиновой и свободных органических кислот на фоне снижения содержания каротиноидов. При этом зависимость содержания антоцианов и процианидинов от интенсивности техногенного загрязнения является горметической.

2. Цветки *C. fallacina* обладают значительной антиоксидантной активностью, которая повышается в условиях техногенного прессинга, что свидетельствует о достаточной приспособленности растений этого вида к городской среде.

3. Цветки *C. fallacina*, заготовленные в Донбассе в условиях техногенной нагрузки различной интенсивности, соответствуют требованиям нормативной документации по содержанию действующих веществ.

4. Несмотря на увеличение уровня ртути и кадмия в почвах по градиенту загрязнения, цветки *C. fallacina* по содержанию исследованных тяжелых металлов (Pb, Cd, Hg) являются экологически безопасными во всех зонах. При усилении загрязнения наблюдается снижение КБН в цветках кадмия, что свидетельствует о способности расте-

ний *C. fallacina* ограничивать его поступление в генеративные органы.

5. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования сырья *C. fallacina* в фармации наряду с фармакопейными видами боярышника и доказывают возможность проведения его заготовок в Донбассе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs). [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
2. Orhan I.E. 2018. Phytochemical and pharmacological activity profile of *Crataegus oxyacantha* L. (hawthorn) – a cardiotonic herb. – Curr. Med. Chem. 25(37): 4854–4865. <https://doi.org/10.2174/0929867323666160919095519>
3. Kumar D., Thakur K., Sharma S., Kumar S. 2019. NMR for metabolomics studies of *Crataegus rhipidophylla* Gand. – Anal. Bioanal. Chem. 411(10): 2149–2159. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01646-z>
4. Moustafa A.A., Zaghlou M.S., Mansour S.R., Alotaibi M. 2019. Conservation strategy for protecting *Crataegus* × *sinaica* against climate change and anthropologic activities in South Sinai Mountains, Egypt. – Catrina: The International Journal of Environmental Sciences. 18(1): 1–6. <https://doi.org/10.12608/CAT.2019.28577>
5. Venskutonis P.R. 2018. Phytochemical composition and bioactivities of hawthorn (*Crataegus* spp.): review of recent research advances. – J. Food Bioact. 4: 69–87. <https://doi.org/10.31665/JFB.2018.4163>
6. Yahyaoui A., Arfaoui M.O., Rigane G., Hkir A., Amari K., Salem R.B., Ammari Y. 2019. Investigation on the chemical composition and antioxidant capacity of extracts from *Crataegus azarolus* L.: effect of growing location of an important Tunisian medicinal plant. – Chemistry Africa. 2(3): 361–365. <https://doi.org/10.1007/s42250-019-00054-1>
7. Гончаров Н.Ф. 2008. Изучение эфирных масел цветков североамериканских видов боярышников. – Кубанский научный медицинский вестник. 5(104): 52–55. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12364957>
8. Козаева М.И. 2014. Адаптационная способность различных видов *Crataegus* и *Amelanchier* в условиях абиотических и биотических стрессов. – Austrian J. Technical and Natural Sciences. 7–8: 84–85. https://ppublishing.org/media/uploads/journals/journal/AJT_7-8_2014.pdf
9. Шубина Т.В., Павлова А.А., Хисматуллина А.А., Гусакова В.А., Хасанова С.Р., Кудашкина Н.В. 2021. Исследование содержания сапонинов в различных видах рода *Crataegus* L. – Сборник материалов юбилейной международной научной конференции “90 лет – от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы”. М. 499–501. https://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_499
10. Государственная фармакопея Российской Федерации. Т. IV. XIV изд. 2018. М. 1883 с. <https://femb.ru/record/pharmacopea14>
11. Остапко В.М., Приходько С.А., Муленкова Е.Г. 2019. *Ephedra distachya* L. во флоре Донбасса. – Новости науки в АПК. 1–2(12): 36–40. <https://doi.org/10.25930/gqbg-ss6>
12. Лысенко Г.Н., Яровый С.С. 2019. Динамика растительного покрова петрофитных (на гранитах) разнотравно-типчаково-ковыльных степей “Каменных могил” (Донецкая область, Украина) в условиях абсолютной заповедности. – Вопросы степеведения. XV: 189–191. <https://doi.org/10.24411/9999-006A-2019-11529>
13. European pharmacopoeia. 10th ed. 1. 2019. Strasbourg. 4370 p.
14. Виноградова Н.А., Глухов А.З. 2012. Эколого-фитохимические особенности *Crataegus fallacina* Klokov в условиях техногенного загрязнения. – Сибирский экологический журн. 28(1): 115–124. <https://doi.org/10.15372/SEJ20210110>
15. Pasqualini V., Robles C., Garzino S., Greff S., Bousquet-Melou A., Bonin G. 2003. Phenolic compounds content in *Pinus halepensis* Mill. needles: a bioindicator of air pollution. – Chemosphere. 52(1): 239–248. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00268-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00268-6)
16. Sandre A.A., Pina J.M., Moraes R.M., Furlan C.M. 2014. Anthocyanins and tannins: is the urban air pollution an elicitor factor? – Braz. J. Bot. 37(1): 9–18. <https://doi.org/10.1007/s40415-013-0043-0>
17. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрытник Л.Н., Чупахина Н.Ю., Федурев П.В. 2016. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области: монография. Калининград. 145 с.
18. Azzazy M.F. 2019. Plant bioindicators of pollution in Sadat City, Western Nile Delta, Egypt. – PLoS One. 15(3): e0226315. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226315>

19. Nihal A., Mithun P.R., Praveen N. 2019. Effect of heavy metals (Hg, As and La) on biochemical constituents of *Spinacia oleracea*. — J. Pharmacogn. Phytochem. 8(3): 669–674.
<https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue3/PartM/8-3-72-162.pdf>
20. Государственная фармакопея Российской Федерации: Т. II. XIV изд. 2018. М. 1449 с. <https://femb.ru/record/pharmacopeia14>.
21. Тарабрин В.П., Кондратюк Е.Н., Башкатов В.Г., Игнатенко А.А., Коришиков И.И., Чернышева Л.В., Шацкая Р.М. Фитотоксичность органических и неорганических загрязнений. 1986. Киев. 215 с.
22. Куркин В.А., Морозова Т.В., Правдивцева О.Е. 2017. Исследования по разработке методики стандартизации листьев боярышника кроваво-красного. — Хим. растит. сырья. 3: 169–173.
<https://doi.org/10.14258/jcprgm.2017031286>
23. Государственная фармакопея Республики Беларусь I. 2007. Т. 2. Молодечно. 471 с.
24. Хишова О.М., Бузук Г.Н. 2006. Количественное определение процианидинов плодов Боярышника. — Хими-ко-фармацевтический журнал. 40(2): 20–21.
<http://chem.folium.ru/index.php/chem/article/view/1819>
25. Хасанова С.Р., Плеханова Т.И., Гашимова Д.Т., Галиахметова Э.Х., Клыш Е.А. 2007. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов. — Вестн. Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 1: 163–166.
<http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2007/01/2007-01-33.pdf>
26. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Утвержден 10.03.1992. 62 с.
27. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утвержден 01.05.2021. 988 с.
28. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. 1975. М. 342 с.
29. Calabrese E.J., Blain R.B. 2009. Hormesis and plant biology. — Environ. Pollut. 157(1): 42–48.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.07.028>
30. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф. 2004. Влияние техногенного загрязнения на содержание флавоноидов в растениях семейства Норичниковых степного Предуралья. — Вестн. Оренбургского государственного университета. 10(35): 123–126.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=11528939>
31. Ali M.A., Fahad S., Haider I., Ahmed N., Ahmad S., Hussain S., Arshad M. 2019. Oxidative stress and antioxidant defense in plants exposed to metal / metalloid toxicity. — In: Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms. P. 353–370.
<https://doi.org/10.1002/9781119468677.ch15>

Effect of Urban Environment on Ecological and Phytochemical Features of *Crataegus fallacina* (Rosaceae) Flowers (the Case of the Donbass)

N. A. Vinogradova^a, *, A. Z. Glukhov^b

^aM. Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk, Russia

^bDonetsk Botanical Garden, Donetsk, Russia

*e-mail: arina0vinogradova@yandex.com

Abstract—The article presents the results of a study of the effect of urban environment in the Donbass on the content of biologically active substances, heavy metals and antioxidant activity of the flowers of *Crataegus fallacina* Klok., a poorly studied non-pharmacopoeial species of the genus *Crataegus* L. Under technogenic pollution, in the flowers of *C. fallacina* a decrease in the concentration of carotenoids and an increase in the content of phenolic compounds (flavonoids, procyanidins, oxycinnamic acids, tannins, anthocyanins), ascorbic and free organic acids was detected. The hermetic response of the content of anthocyanins and procyanidins to the pollution level was observed. The flowers of *C. fallacina* have a high total antioxidant activity, which increases under technogenic load, indicating plants sufficient adaptation to the urbanized environment. The ability of *C. fallacina* plants to limit flow of cadmium and lead to generative organs was revealed. The concentration of mercury in flowers exceeds its concentration in soil. *C. fallacina* flowers harvested in the Donbass meet the regulations on the content of active substances and comply with the requirements with regard to the heavy metals content. The obtained results prove the practicability of using *C. fallacina* for pharmaceutical purposes along with pharmacopoeial species of the genus *Crataegus*, and the possibility of their harvest- ing for medicinal use in the Donbass.

Keywords: *Crataegus fallacina*, flowers, technogenic pollution, heavy metals, biologically active substances, antioxidant activity

REFERENCES

1. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs). [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
2. Orhan I.E. 2018. Phytochemical and pharmacological activity profile of *Crataegus oxyacantha* L. (hawthorn) – a cardio-tonic herb. – Curr. Med. Chem. 25(37): 4854–4865. <https://doi.org/10.2174/0929867323666160919095519>
3. Kumar D., Thakur K., Sharma S., Kumar S. 2019. NMR for metabolomics studies of *Crataegus rhipidophylla* Gand. – Anal. Bioanal. Chem. 411(10): 2149–2159. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01646-z>
4. Moustafa A.A., Zaghlou M.S., Mansour S.R., Alotaibi M. 2019. Conservation strategy for protecting *Crataegus x sinaica* against climate change and anthropologic activities in South Sinai Mountains, Egypt. – Catrina: The International Journal of Environmental Sciences. 18(1): 1–6. <https://doi.org/10.12608/CAT.2019.28577>
5. Venskutonis P.R. 2018. Phytochemical composition and bioactivities of hawthorn (*Crataegus* spp.): review of recent research advances. – J. Food Bioact. 4: 69–87. <https://doi.org/10.31665/JFB.2018.4163>
6. Yahyaoui A., Arfaoui M.O., Rigane G., Hkir A., Amari K., Salem R.B., Ammari Y. 2019. Investigation on the chemical composition and antioxidant capacity of extracts from *Crataegus azarolus* L.: effect of growing location of an important Tunisian medicinal plant. – Chemistry Africa. 2(3): 361–365. <https://doi.org/10.1007/s42250-019-00054-1>
7. Goncharov N.F. 2008. Studying of essence flowers North American kinds of hawthorns. – Kuban Scientific Medical Bulletin. 5(104): 52–55. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12364957> (In Russian)
8. Kozaeva M.I. 2014. Adaptive capacity of different species of *Crataegus* and *Amelanchier* under abiotic and biotic stresses. – Austrian J. Technical and Natural Sciences. 7–8: 84–85. https://ppublishing.org/media/uploads/journals/journal/AJT_7-8_2014.pdf (In Russian)
9. Shubina T.V., Gainetdinova A.A., Khismatullina A.A., Gusakova V.A., Khasanova S.R., Kudashkina N.V. 2021. Study of saponin content in various species of the genus *Crataegus* L. – In: [90 years – from plant to drug: achievements and prospects. Proc. of intern. sci. conf.]. Moscow. 499–501. https://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_499 (In Russian)
10. [The State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV]. 2018. V. 4. Moscow. 1883 p. <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (In Russian)
11. Ostapko V.M., Prikhodko S.A., Mulenkov E.G. 2019. [*Ephedra distachya* L. in the flora of the Donbass]. – Novosti nauki v APK. 1–2(12): 36–40. <https://doi.org/10.25930/gqbg-ss60> (In Russian)
12. Lysenko G.N., Yarovy S.S. 2019. The dynamics of vegetation cover of petrophytic (on granites) steppes of “Kamennyye Mohyly” (Donetsk region, Ukraine) under the influence of the absolute reserve regime. – Steppe Science. XV: 189–191. <https://doi.org/10.24411/9999-006A-2019-11529> (In Russian)
13. European pharmacopoeia. 10th ed. 1. 2019. Strasbourg. 4370 p.
14. Vinogradova N.A., Glukhov A.Z. 2021. Ecological and phytochemical features of *Crataegus fallacina* Klokov under conditions of technogenic pollution. – Contemp. Probl. Ecol. 14(1): 90–97. <https://doi.org/10.1134/S1995425521010091>
15. Pasqualini V., Robles C., Garzino S., Greff S., Bousquet-Melou A., Bonin G. 2003. Phenolic compounds content in *Pinus halepensis* Mill. needles: a bioindicator of air pollution. – Chemosphere. 52(1): 239–248. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00268-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00268-6)
16. Sandre A.A., Pina J.M., Moraes R.M., Furlan C.M. 2014. Anthocyanins and tannins: is the urban air pollution an elicitor factor? – Braz. J. Bot. 37(1): 9–18. <https://doi.org/10.1007/s40415-013-0043-0>
17. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Chupakhina N.Y., Feduraev P.V. 2016. [Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region: monograph]. Kaliningrad. 145 p. (In Russian)
18. Azzazy M.F. 2019. Plant bioindicators of pollution in Sadat City, Western Nile Delta, Egypt. – PLoS One. 15(3): e0226315. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226315>
19. Nihal A., Mithun P.R., Praveen N. 2019. Effect of heavy metals (Hg, As and La) on biochemical constituents of *Spinacia oleracea*. – J. Pharmacogn. Phytochem. 8(3): 669–674. <https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue3/PartM/8-3-72-162.pdf>
20. [The State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV]. 2018. V. 2. Moscow. 1449 p. <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (In Russian)
21. Tarabrin V.P., Kondratyuk E.N., Bashkatov V.G., Ignatenko A.A., Korshikov I.I., Chernysheva L.V., Shatskaya R.M. [Phytotoxicity of organic and inorganic pollutants]. 1986. Kyiv. 215 p. (In Russian)

22. Kurkin V.A., Morozova T.V., Pravdivtseva O.E. 2017. [Studies on the development of a methodology for standardization of leaves of *Crataegus sanguinea* Pall.] — *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. 3: 169–173.
<https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031286> (In Russian)
23. [The State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus I]. 2007. V. 2. Molodechno. 471 p. (In Russian)
24. Khishova O.M., Buzuk G.N. 2006. Quantitative determination of procyanidins in hawthorn fruits. — *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*. 40(2): 20–21.
<http://chem.folium.ru/index.php/chem/article/view/1819> (In Russian)
25. Khasanova S.R., Plekhanova T.I., Gashimova D.T., Galiakhmetova E.K., Klysh E.A. 2007. [Comparative study of antioxidant activity of herbal mixtures]. — *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 1: 163–166.
<http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2007/01/2007-01-33.pdf> (In Russian)
26. [Guidelines for the determination of heavy metals in agricultural soils and crop production]. Approved 03.10.1992. 62 p. (In Russian)
27. [SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) security of environmental factors for humans]. Approved on 01.05.2021. 988 p. (In Russian)
28. Perel'man A.I. [Geochemistry of the landscape]. 1975. Moscow. 342 p. (In Russian)
29. Calabrese E.J., Blain R.B. 2009. Hormesis and plant biology. — *Environ. Pollut.* 157(1): 42–48.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.07.028>
30. Nemereshina O.N., Gusev N.F. 2004. [The effect of technogenic pollution on the content of flavonoids in plants of the *Scrophulariaceae* family of the steppe Urals.]. — *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 10(35): 123–126.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=11528939> (In Russian)
31. Ali M.A., Fahad S., Haider I., Ahmed N. Ahmad S., Hussain S., Arshad M. 2019. Oxidative stress and antioxidant defense in plants exposed to metal / metalloid toxicity. — In: *Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms*. P. 353–370.
<https://doi.org/10.1002/9781119468677.ch15>

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

ОЦЕНКА ОБЩЕГО МИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СЫРЬЯ ДЕСЯТИ ВИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ПРИДОРОЖНЫХ БИОТОПАХ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2023 г. Н. А. Дьякова*

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

*e-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Поступила в редакцию 11.10.2022 г.

После доработки 10.01.2023 г.

Принята к публикации 20.02.2023 г.

Изучено содержание общего минерального комплекса в лекарственном сырье 10 фармакопейных видов растений (корни одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* F. H. Wigg и лопуха обыкновенного *Arctium lappa* L., траву горца птичьего *Polygonum aviculare* L., полыни горькой *Artemisia absinthium* L., пустырника пятилопастного *Leonurus quinquelobatus* Gilib. и тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L., листья крапивы двудомной *Urtica dioica* L. и подорожника большого *Plantago major* L., цветки пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L. и липы сердцевидной *Tilia cordata* Mill.) в придорожных биотопах Воронежской области. Лекарственное растительное сырье собрано в регламентированные нормативной документацией сроки вблизи дорог различной степени загруженности. Установлено расстояние от автомобильных и железных дорог, на котором содержание общей золы в лекарственном растительном сырье не превышает допустимого уровня. Рекомендовано проводить сбор лекарственного сырья на расстоянии от крупных автодорог в условиях лесной зоны — не менее 210 м, в условиях лесостепной зоны — не менее 240 м, в условиях степной зоны — не менее 380 м; для нескоростных автомобильных дорог и железнодорожных магистралей — допустимое расстояние составляет не менее 80 м.

Ключевые слова: лекарственные растения, *Taraxacum officinale*, *Arctium lappa*, *Achillea millefolium*, *Artemisia absinthium*, *Leonurus quinquelobatus*, *Polygonum aviculare*, *Urtica dioica*, *Plantago major*, *Tanacetum vulgare*, *Tilia cordata*, содержание общей золы, придорожные биотопы, Воронежская область

DOI: 10.31857/S0033994623010053, EDN: YAMOTL

Фитопрепараты на отечественном фармацевтическом рынке пользуются значительным спросом, что объясняется их хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью. Так, согласно данным Регистра лекарственных средств России на июль 2021 г., насчитывалось более 2.1 тыс лекарственных фитопрепаратов, а число биологически активных добавок на основе лекарственного растительного сырья (ЛРС) превышает 7.9 тыс [1]. При этом большая доля заготовок ЛРС приходится на европейскую часть Российской Федерации, характеризующуюся значительной плотностью населения, высокой активностью хозяйственной деятельности, динамичным развитием транспортных магистралей [2, 3]. В связи с этим увеличивается угроза сбора ЛРС в экологически неблагоприятных местообитаниях, в том числе вблизи транспортных магистралей.

Исследования лекарственного растительного сырья, заготовленного вблизи транспортных магистралей Воронежской области, на содержание нормируемых биологически активных веществ,

тяжелых металлов, мышьяка, пестицидов, радионуклидов показали практически его полное соответствие требованиям Государственной Фармакопеи [2]. Однако растения могут подвергаться аэрозольному загрязнению пылевыми частицами [4, 5]. По сведениям Федеральной службы по Гидрометеорологии и Мониторингу окружающей среды, Воронеж относится к городам, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ в воздухе превышают ПДК более, чем в 3 раза. Высокий уровень содержания пылевых частиц в воздухе региона объясняется большим количеством пескосмесей, используемых в зимний период и формирующих впоследствии пыль. Кроме того, выхлопные газы автомобилей также несут значительное количество мелкодисперсных негорючих частиц, которые приводятся быстродвижущимся транспортом во взвешенное состояние и оседают на надземных частях растений [2]. Допустимое расстояние для заготовки ЛРС вблизи дорог в РФ в настоящее время не регламентируется [6, 7].

Многие растения обладают способностью к большому пылевому захвату. В мировой литературе встречаются данные о растениях с очень высокой стрессоустойчивостью, которые рекомендуются для экологизации городов. Листья с неровной шероховатой поверхностью и липкими выделениями способствуют удержанию и накоплению пылевых частиц [8–10]. Так, в Индии на примере растений, расположенных вдоль дорог в г. Лакхнау (*Nyctanthes arbor-tristis* L., *Combretum indicum* L., *Terminalia arjuna* (Roxb. ex DC.) Wight. et Arn и *Morus alba* L.) показано, что эпидермальные клетки их листьев, по сравнению с клетками листьев на фоновом участке, отличались неправильной формой; устьица были засорены осажденными частицами в 2.5 раза больше [11, 12]. При этом содержание в листьях хлорофилла, каротиноидов и моносахаридов было снижено, а аскорбиновой кислоты и аминокислоты пролина — повышено, при высоком количестве осажденных частиц [12]. Исследования в Пекине показали, что листья вяза *Ulmus pumila* L., гинкго *Ginkgo biloba* L., ивы вавилонской *Salix babylonica* L. эффективно накапливают мелкодисперсную пыль. Наибольший захват пыли отмечен у питтоспору-ма тобира *Pittosporum tobira* W.T. Aiton, красной китайской сосны *Pinus tabulaeformis* Carr., калины душистой *Viburnum odoratissimum* Ker Gawl., кедр гималайского *Cedrus deodara* G. Don и платана кленолистного *Platanus hispanica* Willd. [13, 14]. Листья бирючины японской *Ligustrum japonicum* Thunb. и оливы европейской *Olea europaea* L. были рекомендованы в качестве биоиндикаторов загрязнения по результатам исследования, проведенного в г. Баку [15].

Почвенная пыль, загрязняющая ЛРС, имеет минеральное происхождение и состоит преимущественно из двуокиси кремния. Такие частицы хорошо адсорбируют другие загрязнители окружающей среды (полиароматические углеводороды, тяжелые металлы, микроорганизмы), что усиливает токсичные и алергизирующие свойства пыли и усиливает загрязнение ЛРС [16–20]. Пылевые частицы, имеющие электрический заряд, гораздо интенсивнее задерживаются на поверхности растений, чем незаряженные [21, 22].

Таким образом, растения могут давать качественную и количественную оценку пылевого загрязнения окружающей среды. Поэтому важной, на наш взгляд, является оценка качества лекарственного растительного сырья по его загрязненности пылевыми частицами. Полученные данные важны как для оценки качества отбираемых образцов сырья, так и для оценки экологической обстановки изучаемых территорий.

В фармакопейном анализе судить об общем минеральном комплексе ЛРС позволяет показатель “зола общая” — остаток неорганических ве-

ществ, который получается в результате сжигания лекарственных веществ или ЛРС и последующего прокаливания до постоянной массы. Увеличение общей золы указывает на загрязненность ЛРС минеральными примесями, в частности пылевыми частицами [6].

Цель исследования — изучение содержания общего минерального комплекса в лекарственном сырье растений в биотопах, расположенных вдоль автомобильных и железных дорог на территории Воронежской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовали надземные части (траву) полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.); листья подорожника большого (*Plantago major* L.), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.); цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.); корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg). Выбранные растения характерны для синантропной флоры Воронежской области.

Отбор проб проводили вдоль дорог разной степени загрязненности и в разных природных зонах: в лесной зоне — трасса М 4 в Рамонском р-не, в лесостепной зоне — трасса А144 в Аннинском р-не, в степной зоне — трасса М4 в Павловском р-не, проселочная автомобильная дорога в Богучарском р-не и железная дорога в Верхнехавском р-не Воронежской обл. (рис. 1, табл. 1). Заготовку проводили на удалении 0, 100, 200, 300 м от выбранных транспортных магистралей. Траву, листья и цветки заготавливали в июле, корни — в сентябре 2019 г.

Определение содержания в исследуемых образцах ЛРС общей золы проводили в соответствии с ОФС.1.2.2.2.0013.15 “Зола общая” [6, 23]. Каждое определение проводили трехкратно. Данные, полученные в ходе исследований, обрабатывали статистически; принятый уровень достоверной вероятности — 95%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среднее содержание общей золы в лекарственном сырье исследуемых видов растений приведено в табл. 1. Относительная ошибка не превышает 1.5%.

Все образцы надземных частей, листьев и цветков растений, произраставших вдоль железнодорожных путей, на удалении 0–100 м от авто-трассы М4 “Дон” в Павловском р-не, на удалении 0–100 м от автомагистралей М4 “Дон” в Ра-

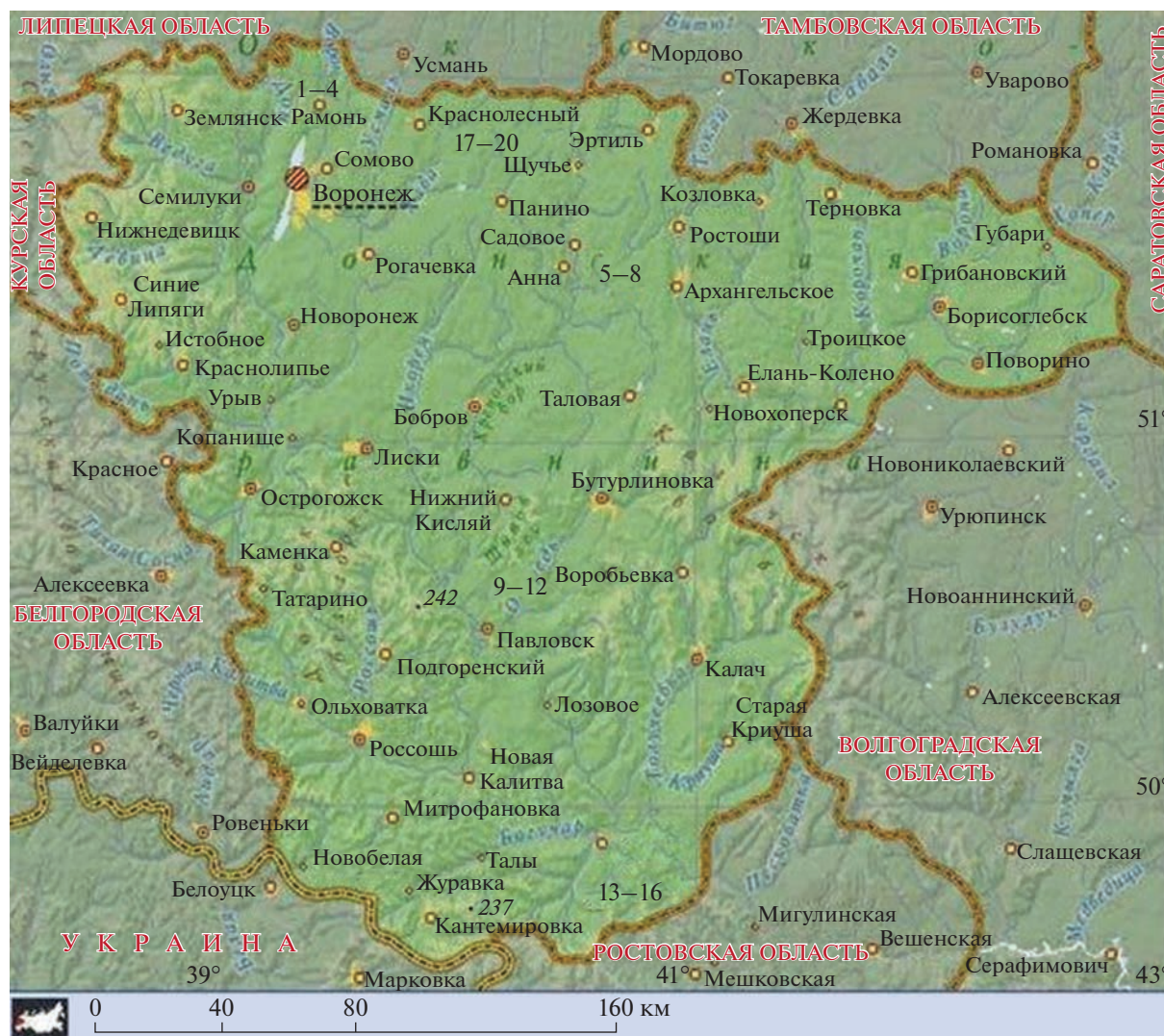


Рис. 1. Территории заготовок ЛРС (расшифровка в табл. 1).

Fig. 1. Medicinal plant raw materials collection sites (interpretation is given in tabl. 1).

монском р-не и А144 в Аннинском р-не оказались недоброкачественными по изучаемому показателю (табл. 1). На удалении 200 м от автомобильной трассы А144 содержание золы не соответствовало требованиям ФС в листьях подорожника большого, цветках пижмы обыкновенной, надземных частях горца птичьего, тысячелистника обыкновенного и полыни горькой; на удалении 200 м от трассы М4 “Дон” в Павловском р-не — в цветках пижмы обыкновенной, листьях подорожника большого и крапивы двудомной, надземных частях горца птичьего, пустырника пятилопастного, полыни горькой; на удалении 300 м от трассы М4 в Павловском р-не — в цветках пижмы обыкновенной и надземных частях пустырника пятилопастного. В отличие от надземных частей лекарственных растений, более благополучными по содержанию общей золы могут быть признаны

корни лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного. Полученные результаты можно объяснить отсутствием аэрозольного загрязнения корней растений взвешенными в воздухе частицами от автомобильного транспорта и выбросов промышленных предприятий.

Наиболее частое превышение норм по содержанию общей золы отмечено для образцов травы пустырника пятилопастного и цветков пижмы обыкновенной, что можно объяснить опушенностью этих видов растений, хорошо сорбирующих на себе взвешенные в воздухе загрязняющие вещества, а также достаточно высокими требованиями соответствующих ФС к указанным видам ЛРС. Сравнительный анализ содержания общей золы позволяет выстроить следующий ранговый ряд лекарственного сырья исследуемых видов растений: листья подорожника большого > ли-

Таблица 1. Среднее содержание (%) общей золы в лекарственном сырье, собранном на разном удалении от автомобильных и железных дорог**Table 1.** Average content (%) of total ash in medicinal plant raw materials collected at different distances from roads and railways

№ п/п	Район сбора Collection site	Лекарственное растительное сырье Medicinal plant raw materials									
		Трава горца птичьего <i>Polygonum aviculare</i> herb	Трава полыни горькой <i>Artemisia absinthium</i> herb	Трава тысячелистника обыкновенного <i>Achillea millefolium</i> herb	Трава пустырника пятилопастного <i>Leonurus quinquelobatus</i> herb	Листья подорожника большого <i>Plantago major</i> leaves	Листья крапивы двудомной <i>Urtica dioica</i> leaves	Цветки липы сердцевидной <i>Tilia cordata</i> flowers	Цветки пижмы обыкновенной <i>Tanacetum vulgare</i> flowers	Корни одуванчика лекарственного <i>Taraxacum officinale</i> roots	Корни лопуха обыкновенного <i>Arcium lappa</i> roots
1.	0 м от трассы М4 (Рамонский р-н) 0 m from the M4 motorway (Ramonsky district)	21.94	19.55	19.99	18.90	29.52	30.41	15.09	18.12	7.01	10.04
2.	100 м от трассы М4 (Рамонский р-н) 100 m from the M4 motorway (Ramonsky district)	17.42	16.32	17.08	15.53	25.71	23.91	12.07	10.67	5.55	8.27
3.	200 м от трассы М4 (Рамонский р-н) 200 m from the M4 motorway (Ramonsky district)	11.80	10.07	13.11	11.08	18.64	15.06	7.90	8.43	4.89	6.12
4.	300 м от трассы М4 (Рамонский р-н) 300 m from the M4 motorway (Ramonsky district)	10.78	10.29	11.98	9.06	17.93	16.38	6.08	6.22	3.98	6.08
5.	0 м от трассы А144 0 m from the A144 road	16.06	17.46	18.90	17.51	30.06	26.41	12.85	15.35	7.31	9.51
6.	100 м от трассы А144 100 m from the A144 road	15.33	15.40	16.52	15.30	27.42	23.06	12.09	12.22	5.78	7.22
7.	200 м от трассы А144 200 m from the A144 road	13.84	14.80	15.08	11.22	20.65	17.41	9.69	11.08	6.17	7.08
8.	300 м от трассы А144 300 m from the A144 road	12.55	11.06	10.12	9.60	17.32	13.09	7.53	7.45	4.21	6.41
9.	0 м от трассы М4 (Павловский р-н) 0 m from the M4 motorway (Pavlovsky district)	18.94	17.46	18.89	19.05	28.51	32.62	14.98	14.87	7.77	7.90
10.	100 м от трассы М4 (Павловский р-н) 100 m from the M4 motorway (Pavlovsky district)	16.45	15.21	16.33	17.43	26.12	28.06	11.08	13.88	6.33	7.33

Таблица 1. Окончание

№ п/п	Район сбора Collection site	Лекарственное растительное сырье Medicinal plant raw materials									
		Трава горца птичьего <i>Polygonum aviculare</i> herb	Трава полыни горькой <i>Artemisia absinthium</i> herb	Трава тысячелистника обыкновенного <i>Achillea millefolium</i> herb	Трава пустырника пятилопастного <i>Leonurus quinquelobatus</i> herb	Листья подорожника большого <i>Plantago major</i> leaves	Листья крапивы двудомной <i>Urtica dioica</i> leaves	Цветки липы сердцевидной <i>Tilia cordata</i> flowers	Цветки пижмы обыкновенной <i>Tanacetum vulgare</i> flowers	Корни одуванчика лекарственного <i>Taraxacum officinale</i> roots	Корни лопуха обыкновенного <i>Arctium lappa</i> roots
11.	200 м от трассы М4 (Павловский р-н) 200 m from the M4 motorway (Pavlovsky district)	16.73	13.75	13.16	13.75	23.33	23.95	9.34	13.07	6.04	7.97
12.	300 м от трассы М4 (Павловский р-н) 300 m from the M4 motorway (Pavlovsky district)	12.60	11.87	12.87	12.66	19.38	18.04	6.38	12.08	5.28	7.90
13.	0 м от нескоростной дороги 0 m from the secondary low- speed road	13.65	12.33	14.21	13.88	19.08	19.05	9.04	10.55	4.39	8.89
14.	100 м от нескоростной дороги 100 m from the secondary low- speed road	10.53	10.89	12.04	10.62	19.57	15.98	8.34	8.90	5.99	6.80
15.	200 м от нескоростной дороги 200 m from the secondary low- speed road	9.05	9.06	12.14	8.09	17.31	16.62	7.09	6.00	4.65	7.31
16.	300 м нескоростной дороги 300 m from the secondary low- speed road	7.41	8.21	11.08	8.50	14.02	10.09	7.66	6.27	3.90	6.91
17.	0 м от железной дороги 0 m from the railway	15.62	14.22	16.78	14.74	24.63	20.43	12.87	11.98	6.59	7.90
18.	100 м от железной дороги 100 m from the railway	12.04	11.75	12.09	10.89	15.98	13.84	7.90	8.35	4.29	7.23
19.	200 м от железной дороги 200 m from the railway	11.49	9.56	11.20	8.44	13.80	11.08	6.94	5.08	5.22	6.47
20.	300 м от железной дороги 300 m from the railway	10.07	8.11	8.23	8.68	14.66	9.05	4.12	5.66	4.90	6.17
Среднее Average		13.72	12.87	14.09	12.75	21.18	19.23	9.45	10.31	5.66	7.48
Числовой показатель по Государ- ственной Фармакопее Numeric indicator according to the Russian State Pharmacopoeia		13	13	15	12	20	20	10	9	8	11

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения общей золы, превышающие требования Государственной Фармакопии по изучаемому показателю для данного вида ЛРС.

Note. Total ash values in bold type exceed the requirements of the State Pharmacopoeia for the studied indicator for this type of medicinal plant raw materials.

Таблица 2. Допустимое расстояние от автомобильных и железных дорог для сбора лекарственного сырья изученных видов растений, соответствующего требованиям Государственной Фармакопеи

Table 2. Minimum allowable distance from roads and railways for the collection of medicinal raw materials of the studied plant species meeting the requirements of the Russian State Pharmacopoeia

Район сбора Collection site	Лекарственное растительное сырье Medicinal plant raw materials								Допустимое расстояние сбора сырья всех видов, м Minimum allowable distance for the raw material collection of all studied plant species, m
	Трава горца птичьего <i>Polygonum aviculare</i> herb	Трава полыни горькой <i>Artemisia absinthium</i> herb	Трава тысячелистника обыкновенного <i>Achillea millefolium</i> herb	Трава пустырника пятилопастного <i>Leonurus quinquelobatus</i> herb	Листья подорожника большого <i>Plantago major</i> leaves	Листья крапивы двудомной <i>Urtica dioica</i> leaves	Цветки липы сердцевидной <i>Tilia cordata</i> flowers	Цветки пижмы обыкновенной <i>Tanacetum vulgare</i> flowers	
Трасса М4 (Рамонский р-н) M4 motorway (Ramonsky district)	108	154	161	199	207	169	143	199	207
Трасса А144 Route A144	167	235	156	201	236	150	179	192	236
Трасса М4 (Павловский р-н) M4 motorway (Pavlovsky district)	280	237	291	312	293	268	166	378	378
Нескоростная дорога Secondary low-speed road	9	0	0	39	0	0	0	82	82
Железная дорога Railway	71	48	40	41	65	11	50	80	80

стья крапивы двудомной > надземная часть тысячелистника обыкновенного > надземная часть горца птичьего > надземная часть полыни горькой > надземная часть пустырника пятилопастного > цветки пижмы обыкновенной > цветки липы сердцевидной > корни лопуха обыкновенного > корни одуванчика лекарственного. Наиболее высокое содержание общей золы в листьях подорожника большого обусловлено строением и расположением листовых пластинок — больших по площади, расположенных, в основном, в горизонтальной плоскости в приземном ярусе, что создает хорошие условия для осаждения пылевых частиц на листовой поверхности. Высокими значениями содержания общей золы отличаются и листья крапивы двудомной, имеющие значительную общую площадь, а также опушение, что способствует задержанию пылевых частиц на их поверхности.

Для уточнения разрешенных зон сбора ЛРС вдоль транспортных магистралей на основе регрессионных уравнений были рассчитаны расстояния от дорог, на которых ЛРС соответствует требованиям Государственной Фармакопеи (табл. 2). Допустимое расстояние для заготовки сырья определяли как расстояние от дороги, на котором ЛРС всех

исследуемых видов растений соответствует фармакопейным требованиям. Расчеты показали, что расстояния, допустимые для сбора ЛРС, значительно различаются в зависимости от интенсивности трафика. Так, наименьшие допустимые расстояния для сбора лекарственного сырья изученных видов растений, соответствующего фармакопейным требованиям (80–82 м), выявлены для биотопов, расположенных вдоль железной дороги в Верхнехавском р-не и проселочной автомобильной дороги в Богучарском р-не Воронежской области, а максимальное расстояние установлено в степной зоне для биотопов вдоль автомобильной трассы М4 в Павловском р-не (около 380 м).

Результаты сходных исследований в Ростовской области, проведенных на примере лекарственного сырья четырех видов растений (травы *Polygonum aviculare*, *Artemisia absinthium*, *Achillea millefolium* и листьев *Plantago major*), позволили считать допустимыми для заготовки следующие расстояния: от железнодорожных магистралей — не менее 200 метров, от проселочной дороги — не менее 140 м [5]. Более значительное удаление от транспортных магистралей, необходимое для заготовки лекарственного растительного сырья, соответствующего требованиям Государственной

фармакопеи [23], в Ростовской области по сравнению с Воронежской, вероятно, связано с меньшим участием в растительном покрове деревьев и кустарников, образующих естественную преграду на пути распространения пылевых частиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Оценено содержание общей золы, как показателя содержания общего минерального комплекса и индикатора загрязнения пылевыми частицами лекарственного сырья 10 видов растений (трава полыни горькой *Artemisia absinthium* L., пустырника пятилопастного *Leonurus quinquelobatus* Gilib., тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L., горца птичьего *Polygonum aviculare* L.; листья подорожника большого *Plantago major* L. и крапивы двудомной *Urtica dioica* L.; цветки пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L. и липы сердцевидной *Tilia cordata* Mill.; корни лопуха обыкновенного *Arctium lappa* L. и одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* F.H. Wigg), собранных в регламентированные нормативной

документацией сроки заготовки в придорожных биотопах Воронежской области. На основе данных о зольности лекарственного сырья исследуемых видов растений построен ранговый ряд по уменьшению содержания общей золы: листья *Plantago major* > листья *Urtica dioica* > трава *Achillea millefolium* > трава *Polygonum aviculare* L. > трава *Artemisia absinthium* L. > трава *Leonurus quinquelobatus* > цветки *Tanacetum vulgare* > цветки *Tilia cordata* > корни *Arctium lappa* > корни *Taraxacum officinale*. Установлено допустимое расстояние от дорог для сбора лекарственного сырья, которое зависит от интенсивности транспортной нагрузки и зонального положения биотопов. Получены следующие оценки: допустимое расстояние от крупных автодорог в условиях лесной зоны составляет не менее 210 м, в условиях лесостепной зоны — не менее 240 м, в условиях степной зоны — не менее 380 м. Расстояние от нескоростных автомобильных дорог и железнодорожных магистралей должно превышать 80 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьякова Н.А. 2021. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях лопуха обыкновенного синантропной флоры Воронежской области. — Традиционная медицина. 2(65). С. 47–52. https://doi.org/10.54296/18186173_2021_2_47
2. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Чупандина Е.Е., Гапонов С.П. 2020. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей. — Хим. растит. сырья. 4: 5–13.
3. Остроухова Е.Г. 2018. Экологическое состояние ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.), произрастающей на антропогенно преобразованных территориях. — Антропогенная трансформация природной среды. 4: 174–178. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36549337>
4. Селиванова Ю.А., Вервикина А.А., Дьякова Н.А., Сливкин А.И. 2022. Изучение содержания посторонних минеральных примесей в лекарственном растительном сырье синантропной флоры Ростовской области. — Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2: 98–103. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2022/02/2022-02-14.pdf>
5. Селиванова Ю.А., Дьякова Н.А., Вервикина А.А., Сливкин А.И. 2022. Исследование общего минерального комплекса лекарственного растительного сырья синантропной флоры Ростовской области. — Вестник Смоленской медицинской академии. 4: 205–210. https://elibrary.ru/download/elibrary_50106655_68495004.pdf
6. Государственная фармакопея Российской Федерации. 2018. Издание XIV. Т. 2. М. 1449 с.
7. Куркин В.А. 2004. Фармакогнозия. Самара. 1179 с.
8. Tasić M., Rajšić S., Tomašević M., Mijić Z., Ančić M., Novaković V., Marković D.M., Marković D.A., Lazić L., Radenković M., Joksić J. 2008. Assessment of Air Quality in an Urban Area of Belgrade, Serbia. — In: Environmental Technologies: New Developments. Vienna. P. 209–244. https://www.academia.edu/23672991/Assessment_of_Air_Quality_in_an_Urban_Area_of_Belgrade_Serbia
9. Sawidis T., Breuste J., Mitrovic M., Pavlovic P., Tsigaridas K. 2011. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities — Environmental Pollution. 159(12): 3560–3570. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.08.008>
10. Anagnostatou V.A. 2008. Assessment of Heavy Metals in Central Athens and Suburbs Using Plant Material. Master's Thesis. Surrey. 45 p.
11. Rai A., Kulshreshtha K. 2006. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants. — J. Food Agricult. Environ. 4(1): 253–259. <https://www.wfpublisher.com/Abstract/813>
12. Gupta G.P., Kumar B., Singh S., Kulshreshtha U.C. 2016. Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi. — Aerosol Air Qual. Res. 16(11): 2920–2932. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.04.0272>
13. Wang H., Shi H., Li Y. 2011. Leaf Dust Capturing Capacity of Urban Greening Plant Species in Relation to Leaf Micromorphology. — In: International Symposium on Water Resource and Environmental Protection. Xi'an. P. 2198–2201. <https://doi.org/10.1109/ISWREP.2011.5893701e>

14. Wang L., Gong H., Liao W., Wang Z. 2015. Accumulation of particles on the surface of leaves during leaf expansion. — Sci. Total Environment. 532(1): 420–434.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.014>
15. Youssef N.A., Gurbanov E.M., Hacıyeva S.R., Mammedova A., Khalilov R.I. 2013. Antioxidant enzymes, fluctuating asymmetry and morphological changes of urban trees as an ecological indicators of heavy metal stress. — International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care. 3(1): 1–11.
16. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. 2016. Urban green as indicator of metal pollution. — 15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism. Dinant. 15–17.
<https://www.meteo.be/meteo/download/en/25955897/pdf/abs.11-08-16.pdf>
17. Dadea C., Bacchiocchi S.C., Rocca N.L., Mimmo T., Russo A., Zerbe S. 2016. Heavy metal accumulation in urban soils and deciduous trees in the City of Bolzano, N Italy. — Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz. — Forest Ecology, Landscape Research and Nature Protection). 15: 35–42.
https://www.afsv.de/download/literatur/waldoekologie-online/waldoekologie-online_heft-15-3.pdf
18. Kříbek B., Majer V., Knésl I., Nyambe I., Mihaljevič M., Ettler V. 2012. Metals and arsenic in cassava: Indicators of contamination in the Zambian Copperbelt mining district. — In: Environmental and health impacts of mining in Africa: proceedings of the annual workshop. Windhoek. P. 29–34.
19. Mansour R.S. 2014. The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria. — International Journal of ChemTech Research. 6(4): 2283–2290. [https://sphinxsai.com/2014/vol6pt4/1/\(2283-2290\)Jul-Aug14.pdf](https://sphinxsai.com/2014/vol6pt4/1/(2283-2290)Jul-Aug14.pdf)
20. Tomašević M., Rajšić S., Dordević D., Tasić M., Krstić J., Novaković V. 2004. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. — Environ. Chem. Lett. 2(3): 151–154.
<https://doi.org/10.1007/s10311-004-0081-8>
21. Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L. 2012. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. — Atmospheric Environment. 61: 283–293.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.043>
22. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. 2016. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green. — Sci. Total Environment. 571: 594–602.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.026>
23. Государственная фармакопея Российской Федерации. 2018. Издание XIV. Т. 4. М. 1859 с.

Assessment of Total Mineral Content in Raw Materials of Ten Medicinal Plants from Roadside Biotopes (Voronezh Region)

N. A. Dyakova*

Voronezh State University, Voronezh, Russia

*e-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Abstract—The total mineral content in medicinal plants from the roadside and railside coenoses of the Voronezh region was studied. The pharmacopoeial plant raw materials of 10 species were evaluated: roots of *Taraxacum officinale* F.H. Wigg and *Arctium lappa* L.; herb of *Polygonum aviculare* L., *Artemisia absinthium* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., and *Achillea millefolium* L.; leaves of *Urtica dioica* L. and *Plantago major* L.; flowers of *Tanacetum vulgare* L. and *Tilia cordata* Mill. For collecting medicinal plant raw materials, the minimum allowable distances from different types of roads and railways were determined based on the total ash content indicator. For different natural zones, the minimum allowable distance from the heavy traffic motorways is: forest zone — 210 m, forest–steppe zone — 240 m, and steppe zone (devoid of tree and shrub vegetation) — 380 m. For secondary low-speed roads and railways, the minimum recommended distance is 80 m.

Keywords: medicinal plants, *Taraxacum officinale*, *Arctium lappa*, *Achillea millefolium*, *Artemisia absinthium*, *Leonurus quinquelobatus*, *Polygonum aviculare*, *Urtica dioica*, *Plantago major*, *Tanacetum vulgare*, *Tilia cordata*, total ash content, biotopes, Voronezh region

REFERENCES

1. Dyakova N.A. 2021. Features of the accumulation of biologically active substances in the roots of great burdock of the synanthropic flora of the Voronezh region. — Tradicionnaya medicina. 2(65): 47–52.
https://doi.org/10.54296/18186173_2021_2_47 (In Russian)
2. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Chupandina E.E., Gaponov S.P. 2020. Identification of permissible areas of preparation of medicinal vegetable raw materials near transport lines. — Khimija Rastitel'nogo Syr'ya. 4: 179–186.
<https://doi.org/10.14258/jcprm.2020047609> (In Russian)

3. *Ostroukhova E.G.* 2018. Ecological condition of *Matricaria chamomilla* L. plants grown in the anthropogenically transformed territories. — *Anthropogenic Transformation of Nature*. 4: 174–178. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36549337> (In Russian)
4. *Selivanova Yu.A., Vervikina A.A., Dyakova N.A., Slivkin A.I.* 2022. Study of content of foreign mineral impurities in medicinal plant raw materials of synanthropic flora of Rostov Region. — *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2: 98–103. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2022/02/2022-02-14.pdf> (In Russian)
5. *Selivanova Yu.A., Dyakova N.A., Vervikina A.A., Slivkin A.I.* 2022. Investigation of the general mineral complex of medicinal plant raw materials of the synanthropic flora of the Rostov region. — *Vestnik of Smolensk State Medical Academy*. 4: 205–210. https://elibrary.ru/download/elibrary_50106655_68495004.pdf (In Russian)
6. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV]. Vol. 2. M. 2018. 1449 p. (In Russian)
7. *Kurkin V.A.* 2004. [Pharmacognosy]. Samara. 1179 p. (In Russian)
8. *Tasić M., Rajšić S., Tomašević M., Mijić Z., Ančić M., Novaković V., Marković D.M., Markovć D.A., Lazjić L., Radenković M., Joksić J.* 2008. Assessment of Air Quality in an Urban Area of Belgrade, Serbia. — In: *Environmental Technologies: New Developments*. Vienna. P. 209–244. https://www.academia.edu/23672991/Assessment_of_Air_Quality_in_an_Urban_Area_of_Belgrade_Serbia
9. *Sawidis T., Breuste J., Mitrovic M., Pavlovic P., Tsigaridas K.* 2011. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. — *Environmental Pollution*. 159(12): 3560–3570. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.08.008>
10. *Anagnostatou V.A.* 2008. Assessment of Heavy Metals in Central Athens and Suburbs Using Plant Material. Master's Thesis. Surrey. 45 p.
11. *Rai A., Kulshreshtha K.* 2006. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants. — *J. Food Agricult. Environ.* 4(1): 253–259. <https://www.wflpublisher.com/Abstract/813>
12. *Gupta G.P., Kumar B., Singh S., Kulshreshtha U.C.* 2016. Deposition and impact of urban atmospheric dust on two medicinal plants during different seasons in NCR Delhi. — *Aerosol Air Qual. Res.* 16(11): 2920–2932. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.04.0272>
13. *Wang H., Shi H., Li Y.* 2011. Leaf Dust Capturing Capacity of Urban Greening Plant Species in Relation to Leaf Micromorphology. — In: *International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*. Xi'an. P. 2198–2201. <https://doi.org/10.1109/ISWREP.2011.5893701>
14. *Wang L., Gong H., Liao W., Wang Z.* 2015. Accumulation of particles on the surface of leaves during leaf expansion. — *Sci. Total Environment*. 532(1): 420–434. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.014>
15. *Youssef N.A., Gurbanov E.M., Hacıyeva S.R., Mammedova A., Khalilov R.I.* 2013. Antioxidant enzymes, fluctuating asymmetry and morphological changes of urban trees as an ecological indicators of heavy metal stress. — *International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care*. 3(1): 1–11.
16. *Castanheiro A., DeWael K., Samson R.* 2016. Urban green as indicator of metal pollution. — 15th Castle Meeting: New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism. Dinant. P. 15–17. <https://www.meteo.be/meteo/download/en/25955897/pdf/abs.11-08-16.pdf>
17. *Dadea C., Bacchiocchi S.C., Rocca N.L., Mimmo T., Russo A., Zerbe S.* 2016. Heavy metal accumulation in urban soils and deciduous trees in the City of Bolzano, N Italy. — *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz. — Forest Ecology, Landscape Research and Nature Protection*. 15: 35–42. https://www.afsv.de/download/literatur/waldoekologie-online/waldoekologie-online_heft-15-3.pdf
18. *Kříbek B., Majer V., Kněsl I., Nyambe I., Mihaljevič M., Ettler V.* 2012. Metals and arsenic in cassava: Indicators of contamination in the Zambian Copperbelt mining district. — In: *Environmental and Health Impacts of Mining in Africa: proceedings of the annual workshop*. Windhoek. P. 29–34.
19. *Mansour R.S.* 2014. The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria. — *International Journal of ChemTech Research*. 6(4): 2283–2290. [https://sphinxsai.com/2014/vol6pt4/1/\(2283-2290\)Jul-Aug14.pdf](https://sphinxsai.com/2014/vol6pt4/1/(2283-2290)Jul-Aug14.pdf)
20. *Tomašević M., Rajšić S., Đorđević D., Tasić M., Krstić J., Novaković V.* 2004. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. — *Environ. Chem. Lett.* 2(3): 151–154. <https://doi.org/10.1007/s10311-004-0081-8>
21. *Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L.* 2012. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. — *Atmospheric Environment*. 61: 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.043>
22. *Castanheiro A., Samson R., DeWael K.* 2016. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green. — *Sci. Total Environment*. 571: 594–602. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.026>
23. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV]. Vol. 4. Moscow. 2018. 1859 p. (In Russian)

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

СТРУКТУРА НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В ЭКОТОННОМ КОМПЛЕКСЕ “СПЕЛЫЙ СОСНЯК ЧЕРНИЧНЫЙ–ВЫРУБКА” В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

© 2023 г. Н. В. Геникова¹*, С. А. Мошников¹, Д. В. Тесля¹

¹Институт леса — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр Российской академии наук”,
г. Петрозаводск, Россия

*e-mail: genikova@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 03.02.2023 г.

После доработки 01.03.2023 г.

Принята к публикации 23.04.2023 г.

После проведения рубки спелых насаждений, при которой часть лесного массива вырубается за один или несколько приемов, а часть сохраняется (сплошные и чересполосные постепенные рубки) образуется экотонный комплекс: лес (Л), зона перехода от леса к вырубке с древесным ярусом (край леса — КЛ), зона перехода от леса к вырубке без древесного яруса (край вырубки — КВ) и собственно вырубка (В). Изучены состав и структура напочвенного покрова и естественное возобновление древесных пород (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Н. Karst., *Betula* sp., *Populus tremula* L., *Sorbus aucuparia* L., *Juniperus communis* L.) в экотонном комплексе “сосняк черничный–вырубка” через 12–15 лет после рубки древостоя. Проведенные исследования показали, что каждая из четырех зон экотонного комплекса, сформированного в результате рубки спелого древостоя, обладает характерными чертами структуры напочвенного покрова, полога подроста и яруса подлеска. Типично лесные условия (зона Л) характеризуются низким количеством подроста сосны, ели, березы, осины и рябины. Обилие *Vaccinium myrtillus* L. и *V. vitis-idaea* L. в этой зоне, напротив, максимально, так же, как высота и количество плодов черники. По количеству подроста зона КЛ практически не отличается от зоны Л. Проективное покрытие, максимальная высота побегов, активность плодоношения черники и максимальная высота побегов брусники в зоне КЛ достоверно ниже по сравнению с зоной Л. Переходная зона со стороны вырубки (КВ) и собственно вырубка (В) резко отличаются от лесной части экотонного комплекса (зоны Л и КЛ) большим количеством подроста лиственных пород и сосны и низкими значениями показателей обилия лесных кустарничков. Вырубка (В) отличается от КВ большим обилием злаков и разнотравья и сформированным ярусом из подроста сосны, березы и осины.

Ключевые слова: экотонный комплекс, сосняк черничный, вырубка, краевой эффект, напочвенный покров, подрост, подлесок

DOI: 10.31857/S003399462302005X, **EDN:** ZMRHCR

Любые рубки существенно изменяют лесную среду. В наибольшей степени это проявляется при проведении сплошных рубок, когда весь древостой на площади до 50 га вырубается за один прием [1]. Эта форма рубок спелых и перестойных насаждений была и остается наиболее распространенной в России. Зачастую вырубки имеют весьма сложные контуры (рис. 1).

В настоящем исследовании мы рассмотрим в том числе и чересполосные постепенные рубки. Особенностью их является то, что древостой вырубается в 2–4 приема в течение одного класса возраста (20 лет для хвойных), и рубка осуществляется в полосах шириной, не превышающей по-

луторную высоту древостоя. Т.е. в некотором смысле эта разновидность постепенных рубок сочетает в себе постепенную и сплошную формы рубки. Чересполосные постепенные рубки в настоящее время широко распространены в Республике Карелия, особенно в защитных (водоохранных и пр.) лесах. Считается, что такие рубки в меньшей степени, чем сплошные, нарушают способность лесов выполнять основные экосистемные функции.

Важным компонентом лесного биогеоценоза является подрост древесных пород, способный сформировать в будущем самостоятельный (верхний) ярус и обеспечить естественное возобновление.



Рис. 1. Пример фрагментации лесного покрова — мозаика вырубок различного возраста в районе исследования (Кондопожский район, Республика Карелия). Снимок с сайта www.bing.com. Слева исходный снимок, справа — “подсвечены” границы между сообществами на разных стадиях восстановления после рубки.

Fig. 1. Forest vegetation fragmentation — a mosaic of clear-cuts of different age in the study area (Kondopozhsky district, Republic of Karelia). Image borrowed from www.bing.com. The original image is on the left; the image on the right has the “high-lighted” boundaries between communities at different stages of post-logging regeneration.

Нормативными требованиями [1] установлено, что проведение следующего приема постепенной рубки допускается только когда на вырубленных в предшествующий прием рубки полосах обеспечено надежное возобновление леса. Считается, что край леса способствует сохранению и росту подроста [2, 3]. Одной из возможных причин этого является сдерживание развития травяно-кустарничкового яруса в зоне влияния деревьев.

Ранее нами были изучены экотонные комплексы (ЭК) спелого ельника черничного и растительных сообществ, возникших после сплошных рубок разной давности (от 2 до 35 лет) и установлено, что каждая зона ЭК (лес, переходная зона со стороны леса, переходная зона со стороны вырубki, вырубка) обладают характерными особенностями [4, 5]. Различия зон ЭК проявляются в таких параметрах растительного сообщества, как количество видов и общее проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, обилие основных доминантов напочвенного покрова, участие групп растений (кустарничков, злаков, разнотравья) в сложении напочвенного покрова, средняя высота кустарничков, обилие эпифитных растений, количество древесного подроста и подлеска и радиальный прирост деревьев. Кроме того, в ЭК были отмечены различия микроклиматических показателей: средней температуры приземного слоя воздуха и освещенности на разной высоте от поверхности почвы [6].

При изучении ЭК “сосняк черничный—вырубка 12–15 лет” нами решались следующие ос-

новные вопросы: 1) есть ли различия параметров напочвенного покрова, подлеска и полога подроста древесных растений в разных зонах ЭК и в чем они проявляются, 2) сохраняется ли протяженность переходной зоны (как со стороны леса, так и со стороны вырубki) равной примерно 8 м, как это было установлено нами ранее [5, 6] и 3) каковы особенности ЭК сосняка и вырубki по сравнению с ЭК ельника и вырубki сходной давности (10 лет)?

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Кондопожском районе Республики Карелия ($62^{\circ}15'75''$ с.ш., $34^{\circ}61'36''$ в.д.). Территория относится к подзоне средней тайги [7]. За последние 10 лет среднегодовая температура в районе исследования составила $+4^{\circ}\text{C}$, средние температуры самого теплого и самого холодного месяцев (июля и января) — соответственно $+17$ и -8°C . Среднегодовое количество осадков варьировало в пределах 600–650 мм [8]. Наиболее распространенными типами леса в районе исследования являются сосняки черничные и брусничные на автоморфных почвах.

Исследования проводились на трех пробных площадях (ПП), каждая из которых состояла из двух примыкающих друг к другу участков — спелого сосняка черничного и вырубki давностью 12–15 лет (рис. 2).

Вырубki образовались в результате проведения чересполосных постепенных (ПП1 и ПП2) и сплошной (ПП3) рубок. В каждом из сосняков

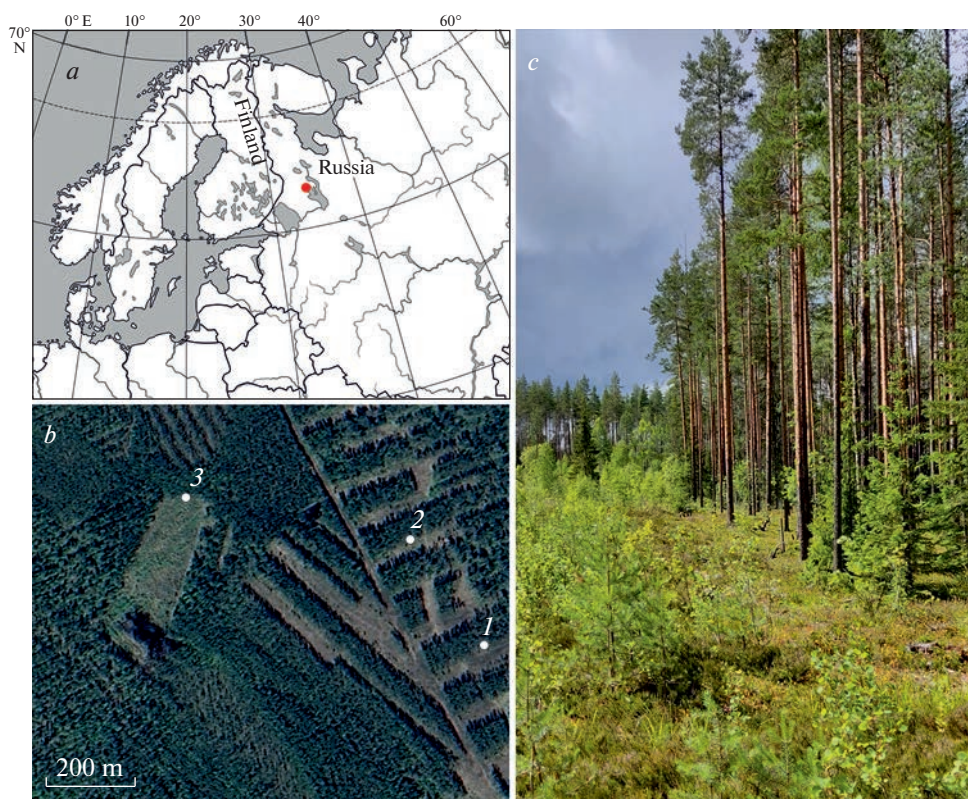


Рис. 2. Местоположение пробных площадей (*a* — расположение района исследований; *b* — расположение пробных площадей (цифрами обозначены номера ПП); *c* — фотография ПП № 1).

Fig. 2. Location of sample plots (*a* — geographic location of the study area; *b* — locations of sample plots; *c* — photo of the sample plot 1).

черничных для получения таксационного описания закладывались 3 круговых площадки постоянного радиуса (КППР) ($R = 12.6$ м, что соответствует площади круга 500 м^2), на которых проводился сплошной пересчет деревьев. У 10–15 деревьев сосны отбирались керны у основания дерева для определения возраста. У 20–25 деревьев измерялась высота. Материалы, полученные на КППР, перед окончательной обработкой объединялись для получения усредненной таксационной характеристики пробной площади. Характеристика ПП спелых сосняков и вырубок приведена в табл. 1.

ПП1Б и ПП2Б представляли собой вырубки, образованные в два приема чересполосной постепенной рубки (в зимние периоды 2009 и 2010 гг., 2016 и 2017 гг.). Ширина вырубаемой за один прием полосы леса составила 20 м, т.е. ширина вырубки после двух приемов — 40 м, ширина сохранившейся полосы леса между двумя вырубленными участками — также 40 м.

Доминантами напочвенного покрова в сосняках являются черника *Vaccinium myrtillus* L., брусника *V. vitis-idaea* L., вереск *Calluna vulgaris* (L.) Hull, марьянник луговой *Melampyrum pratense* L. На вырубках преобладают также черника и брус-

ника, кроме того, заметно участие луговика извилистого *Avenella flexuosa* (L.) Drejer, вейника лесного *Camalagrostis arundinacea* (L.) Roth, марьянника лугового.

Подрост древесных пород и подлесок изучались вдоль трансект южной экспозиции, заложенных из леса на вырубку (на ПП1Б и ПП2Б трансекта охватывала только вырубки первого приема (2009 и 2010 гг.)). Длина трансект составляла 20–25 м в обе стороны от границы двух растительных сообществ (сосняка черничного и вырубки). На каждой пробной площади было заложено 5–10 трансект, вдоль которых на учетных площадках размером $1 \times 1 \text{ м}^2$ подсчитывалось количество подроста и подлеска по породам и градациям высоты. На каждой учетной площадке выявлялся видовой состав растений, оценивалось общее проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, а также покрытие отдельных видов. Кроме того, измерялась высота трех самых высоких побегов черники и брусники и количество ягод черники.

Ранее на основе характеристик напочвенного покрова и подроста экотонного комплекса “ельник черничный–вырубка” нами было показано,

Таблица 1. Таксационные показатели древостоев и естественного возобновления на пробных площадях
Table 1. Mensurational characteristics of stands and tree regeneration on the sample plots

№ ПП Sample plot (SP)	Компонент* Component*	Состав Composition	Густота, тыс. шт./га Density, 10 ³ ind./ha	Средние Average		Полнота Density of stock	Запас, м ³ Volume, m ³ /ha	Класс бонитета Productivity class
				диаметр, см diameter, cm	высота, м height, m			
1	1А	Древостой (110) Tree stand (110)	0.82	23.1	25	1.02	402	II
		0.2Е	0.1	12.0	10.5			
		0.2Б	0.04	15.6	15.6			
	1А	Подрост Undergrowth	0.13		0.56			
		3.1Е	0.13	–	1.19	–	–	–
		3.1Ос	0.13		1.08			
		0.7Б	0.03		0.75			
	1Б	Подрост (12) Undergrowth (12)	14.92		0.59			
		2.3Б	4.92		0.49			
		0.4Е	0.9	–	0.32	–	–	–
2		0.2Ос	0.3		0.61			
	2А	Древостой (110) Tree stand (110)	0.58	23.3	25	1.04	413	II
		2.1С ₂₀₀	0.05	48.2	22.8			
		1.4Б	0.13	19.2	22.9			
		0.1Е	0.11	10.9	10			
	2А	Подрост Undergrowth	0.3		0.48			
		2.4Е	0.18		0.53	–	–	–
		2.3Б	0.18	–	0.81			
		1.3Ос	0.1		0.80			
	2Б	Подрост (13) Undergrowth (13)	7.28		1.07			
		5.8Ос	3.20		1.33			
		2.7Б	1.88	–	0.78	–	–	–
		1.3С	0.32		0.32			
		0.2Е						
	3А	Древостой (120) Tree stand (120)	0.57	19.9	23.1	0.82	209	III
		1.7Б	0.39	12.2	19.4			
		1Е	0.22	12.4	11			
		0.2Ос	0.011	32.0	23			
	3А	Подрост Undergrowth	1.8		1.10	–	–	–
		1.5Б	0.32	–	1.51			
3	3Б	Подрост (15) Undergrowth (15)	5.72		1.91			
		2.8С	3.40		1.69	–	–	–
		1.4Е	1.92	–	1.23			
		0.8Ос	1.00		1.6			

Примечание. 1, 2, 3 – номера пробных площадей, А – спелый сосняк черничный, Б – вырубка. * В скобках указан возраст, лет. С – сосна (*Pinus sylvestris* L.), Е – ель (*Picea abies* (L.) H. Karst.), Б – береза (*Betula* sp.), Ос – осина (*Populus tremula* L.).

Note. 1, 2, 3 – numbers of sample plots. А – mature bilberry pine stand, Б – clear-cut. * In brackets: age, years. In the composition of the stand, the following tree species are indicated in Cyrillic letters: С – Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Е – spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.), Б – birch (*Betula* sp.), Ос – aspen (*Populus tremula* L.).

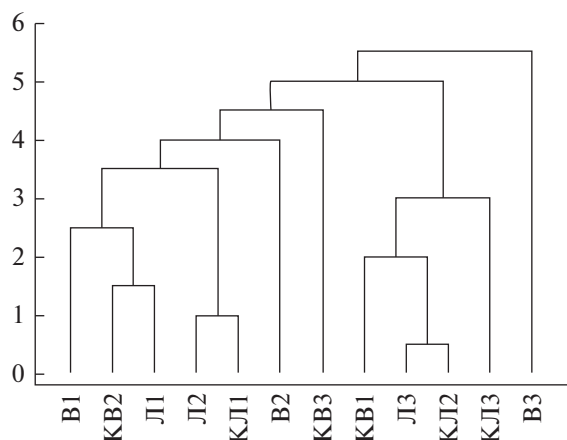


Рис. 3. Дендрограмма сходства травяно-кустарничкового яруса в экотонных комплексах исследованных пробных площадей (евклидово расстояние, метод Варда). По горизонтали — пробная площадь; по вертикали — расстояние.

Fig. 3. Clustering of ecotone complexes by the composition and projective cover of the herb-dwarf shrub layer (Euclidean distance, Ward's method). X-axis — ecotone zones; y-axis — distance.

что взаимовлияние двух смежных сообществ проявляется на расстоянии примерно 8 м в обе стороны от границы их примыкания [5, 6]. Трансекта, вдоль которой изучались характеристики лесных сообществ, разделялась на условные зоны ЭК с разной протяженностью: лес (Л) — 12–17 м, переходная зона со стороны леса (край леса — КЛ) — 8 м, переходная зона со стороны вырубki (край вырубki — KB) — 8 м, вырубка (В) — 12–17 м.

Для каждой зоны ЭК выявлялся видовой состав сосудистых растений. Структура доминирования видов сосудистых растений в разных зонах ЭК оценивалась по величине индекса выравненности Пиелу, принимающего значения от 0 до 1, где 1 означает равное участие всех видов. Исследование сходства структуры напочвенного покрова различных зон ЭК проводилось с применением кластерного анализа (евклидово расстояние, метод Варда) и NMS-ординации. Сравнение групп данных между собой проводилось с помощью дисперсионного анализа (непараметрический критерий Краскела—Уоллиса).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Напочвенный покров

Всего на трансектах обследованных пробных площадей отмечено 32 вида сосудистых растений и 12 видов мхов и лишайников. При этом на вырубке, в среднем, выявлено большее количество видов растений по сравнению со спелым сосняком и переходными зонами ЭК (табл. 2). Среднее количество видов сосудистых растений на учетной

площадке также достоверно выше в зонах В и KB по сравнению с остальными зонами ЭК (табл. 2).

С помощью коэффициента выравненности Пиелу была исследована структура доминирования видов травяно-кустарничкового яруса (табл. 2). Лес, переходные зоны и вырубка в пределах одной ПП несущественно отличаются друг от друга по структуре доминирования видов сосудистых растений в напочвенном покрове, т.к. во всех зонах преобладает несколько видов растений, а обилие остальных видов незначительно.

Результаты кластерного анализа по данным проективного покрытия видов растений травяно-кустарничкового яруса разных зон ЭК показали отсутствие ярко выраженных кластеров, что указывает на большое сходство зон ЭК между собой (рис. 3). Причинами этого являются, во-первых, относительно небольшое видовое разнообразие сосудистых растений на пробных площадях, а во-вторых, преобладание во всех зонах ЭК небольшого числа (5–6) видов. В лесу, на вырубке и в переходных зонах обследованных пробных площадей в разных соотношениях преобладают черника, брусника, вереск, марьянник луговой, луговик извилистый и вейник лесной. Таким образом, в обследованных ЭК сосняка черничного и вырубki состав и структура травяно-кустарничкового яруса слабо различается в разных зонах ЭК.

Индикаторами различий условий среды в разных зонах ЭК сосняк—вырубка выступили такие показатели, как обилие и средняя высота доминантных видов кустарничков. Среднее проективное покрытие и максимальная высота кустарничков достоверно снижаются от зоны Л к зоне В и наиболее резко это снижение проявляется у черники (табл. 3). Особым положением в ЭК отличается переходная зона со стороны леса (КЛ), которая по разным параметрам: а) отличается как от зоны Л, так и от зон KB и В (ПП и количество ягод черники); б) отличается от зоны Л, но не отличается от зон KB и В (максимальная высота побегов черники и брусники); в) не отличается от зоны Л, но отличается от зон KB и В (ПП брусники и вереска).

Сосудистые растения на изученных пробных площадях можно условно разделить на три группы: кустарнички (черника, брусника, вереск), злаки и разнотравье. В лесу (Л) и в переходной зоне леса (КЛ) преобладают кустарнички (80–90% от суммарного проективного покрытия всех видов), доля разнотравья и злаков незначительна. На вырубке доля кустарничков снижается до 60%, доля злаков и разнотравья возрастает до 15–20% от суммарного покрытия яруса. Несмотря на снижение доли кустарничков на вырубке, они остаются доминантами напочвенного покрова за счет вереска (табл. 3). Покрытие злаков на обследованных участках — луговика извилистого и вей-

Таблица 2. Характеристики напочвенного покрова в зонах экотонного комплекса сосняка черничного и вырубки
Table 2. Ground cover characteristics of zones in the border ecotone of bilberry pine forest and clear-cut

Характеристики Characteristics	ПП1 SP1				ПП2 SP2				ПП3 SP3			
	Л F	КЛ FE	КВ CE	В C	Л F	КЛ FE	КВ CE	В C	Л F	КЛ FE	КВ CE	В C
Количество видов травяно-кустарничкового яруса Herb-dwarf-shrub layer species number	11	9	13	13	5	4	12	23	10	9	12	24
Среднее количество видов травяно-кустарничкового яруса на уч. пл. Average herb-dwarf-shrub layer species number per 1 m ² plot	6,4 ± 0.3	4,4 ± 0.5	7,4 ± 0.7	8,6 ± 0.8	3,6 ± 0.1	3,0 ± 0.3	6,0 ± 0.7	10,6 ± 0.4	5,8 ± 0.4	5,9 ± 0.2	7,4 ± 0.8	12,4 ± 0.5
Коэффициент Пиелу Pielou's coefficient	0.56	0.54	0.43	0.59	0.67	0.62	0.57	0.65	0.42	0.46	0.62	0.66
Количество видов мохово-лишайникового яруса Moss-lichen layer species number	6	4	6	9	4	4	6	6	5	5	7	5
Среднее количество видов мохово-лишайникового яруса на уч. пл. Average moss-lichen layer species number per 1 m ² plot	3,6 ± 0.3	3,3 ± 0.3	4,0 ± 0.3	5,3 ± 0.4	2,9 ± 0.1	2,4 ± 0.3	3,8 ± 0.3	3,1 ± 0.2	3,6 ± 0.2	3,1 ± 0.3	4,0 ± 0.4	3,0 ± 0.2

Примечание. Здесь и в табл. 3–5: Л – лес, КЛ – край леса, КВ – край вырубки, В – вырубка.
 Note. Here and in the tables 3–5: F – forest, FE – forest edge, CE – clear-cut edge, C – clear-cut.

Таблица 3. Характеристики доминантных видов травяно-кустарничкового яруса в экотоне
Table 3. Characteristics of the dominant species in the shrub-herb layer of the ecotone zones

Характеристики Characteristics	Зоны экотонного комплекса Ecotone zones			
	Л F	КЛ FE	КВ CE	В C
Проективное покрытие <i>Vaccinium myrtillus</i> L., % <i>Vaccinium myrtillus</i> projective cover, %	36.7 ± 1.7 ^{a*} (1.0)	29.5 ± 2.4 ^b (0.80)	14.7 ± 1.7 ^c (0.40)	14.2 ± 1.9 ^c (0.39)
Максимальная высота побегов <i>Vaccinium myrtillus</i> , см Maximum height of <i>Vaccinium myrtillus</i> shoots, cm	22.9 ± 0.7 ^a (1.0)	18.8 ± 0.8 ^b (0.82)	18.5 ± 1.2 ^b (0.80)	17.5 ± 0.9 ^b (0.76)
Количество ягод <i>Vaccinium myrtillus</i> на уч. пл. <i>V. myrtillus</i> yield, number of berries per 1 m ²	36.2 ± 3.2 ^a (1.0)	18.8 ± 2.8 ^b (0.52)	6.6 ± 2.1 ^c (0.18)	2.6 ± 0.6 ^c (0.07)
Проективное покрытие <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., % <i>V. vitis-idaea</i> projective cover, %	19.8 ± 1.2 ^a (1.0)	21.9 ± 1.5 ^a (1.11)	16.9 ± 1.7 ^{ab} (0.85)	12.9 ± 1.4 ^b (0.65)
Максимальная высота побегов <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , см Maximum height of <i>Vaccinium vitis-idaea</i> shoots, cm	14.3 ± 0.4 ^a (1.0)	12.8 ± 0.6 ^b (0.89)	11.9 ± 0.6 ^b (0.84)	12.8 ± 0.5 ^b (0.90)
Проективное покрытие <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull, % <i>Calluna vulgaris</i> projective cover, %	2.5 ± 0.9 ^a (1.0)	2.6 ± 1.4 ^a (1.0)	26.3 ± 4.8 ^b (10.5)	14.3 ± 2.9 ^c (5.7)

Примечание. Здесь и в табл. 4 и 5: * среднее значение и ошибка среднего. Разными латинскими буквами обозначены величины, достоверно различающиеся по результатам однофакторного дисперсионного анализа в разных зонах экотонного комплекса. В скобках приведена доля от значения Л.

Note. Here and in the tables 4 and 5: * the average values and the error of the average are given. Superscript indicates the differences in the average values according to the results of a one-way ANOVA for each indicator in the different ecotone zones. In parentheses, the value relative to the value in F is stated.

ника лесного — значимо выше на вырубке, по сравнению с другими зонами ЭК.

Покров большинства видов разнотравья не превышает в среднем 1–5%, поэтому реакцию малообильных видов можно показать, используя показатель их встречаемости в разных зонах ЭК (табл. 4). Встречаемость иван-чая *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., седмичника *Trientalis europaea* L. и майника *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt на вырубке значимо выше по сравнению с другими зонами ЭК, а для ожики *Luzula pilosa* (L.) Willd. повышение встречаемости отмечается и для зоны КВ.

В целом, по результатам анализа параметров напочвенного покрова зона КЛ отличается от зоны Л более низкими значениями проективного покрытия и количества ягод черники, а также меньшей высотой побегов черники и брусники. Переходная зона со стороны вырубки (КВ) по сравнению с зонами Л и КЛ характеризуется большим участием злаков и разнотравья. Ортинация учетных площадок по значениям проективного покрытия видов травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов (рис. 4) показала, что зоны Л и КЛ занимают примерно одинаковое положение в пространстве факторов

и обладают наименьшим варьированием. Описания в зоне КВ отличаются от описаний в зонах Л и КЛ только вдоль первой оси и имеют заметно больший “разброс”. Зона В отличается значительным варьированием положения учетных площадок по обеим осям, что можно объяснить участием большего количества видов в сложении напочвенного покрова по сравнению с зонами Л и КЛ, что в свою очередь вызвано неоднородностью микроценотических условий из-за сочетания куртин хвойного и лиственного подроста, порубочных остатков, участков с оголенным минеральным горизонтом и др.

Подрост и подлесок

Подрост только шести древесных пород (сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L., ель европейская *Picea abies* (L.) Н. Karst., береза *Betula* sp., осина *Populus tremula* L., ива козья *Salix caprea* L. и рябина *Sorbus aucuparia* L.) из восьми произрастающих на пробных площадях, проявил положительную реакцию на рубку древостоя: в зоне КВ и/или В его среднее количество достоверно выше, чем в зонах Л и/или КЛ (рис. 5). Отрицательную реакцию на рубку показал только можжевельник *Juniperus communis* L., его количество достоверно ни-

Таблица 4. Встречаемость и проективное покрытие видов злаков и разнотравья в экотонном комплексе сосняка черничного и вырубки**Table 4.** The occurrence and projective cover of forb and grass species in the bilberry pine forest—clear-cut ecotone complex

Виды Species	Зоны экотонного комплекса Ecotone zones			
	Л F	КЛ FE	КВ CE	В C
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	—	—	$\frac{15.0 \pm 9.2^{a*}}{0.2 \pm 0.1^a}$	$\frac{55.0 \pm 9.7^b}{1.7 \pm 0.4^b}$
<i>Trientalis europaea</i> L.	—	—	$\frac{7.5 \pm 5.0^a}{0.1 \pm 0.1^a}$	$\frac{35.0 \pm 13.8^b}{0.3 \pm 0.1^a}$
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	$\frac{1.7 \pm 1.7^a}{0.1 \pm 0.1^a}$	$\frac{2.5 \pm 2.5^a}{0.1 \pm 0.1^a}$	$\frac{5.0 \pm 3.1^a}{0.1 \pm 0.1^a}$	$\frac{40.0 \pm 17.8^b}{1.0 \pm 0.2^a}$
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	$\frac{1.7 \pm 1.7^a}{0.1 \pm 0.1^a}$	$\frac{2.5 \pm 2.5^a}{0.2 \pm 0.2^a}$	$\frac{42.5 \pm 5.0^b}{0.5 \pm 0.1^a}$	$\frac{60.0 \pm 8.5^c}{0.6 \pm 0.1^a}$
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer	$\frac{36.7 \pm 10.4^a}{0.3 \pm 0.1^a}$	$\frac{35.0 \pm 19.1^a}{0.3 \pm 0.1^a}$	$\frac{65.0 \pm 15.0^a}{1.2 \pm 0.5^a}$	$\frac{83.3 \pm 8.7^a}{5.5 \pm 1.0^b}$
<i>Calamagrostis</i> spp.	$\frac{38.3 \pm 17.0^a}{1.1 \pm 0.2^a}$	$\frac{30.0 \pm 17.0^a}{1.2 \pm 0.3^a}$	$\frac{57.5 \pm 16.1^a}{3.6 \pm 0.9^b}$	$\frac{68.3 \pm 12.7^a}{4.8 \pm 0.7^b}$

Примечание. * Приведены средние значения и ошибки среднего по всем трансектам (в числителе — встречаемость, %; в знаменателе — проективное покрытие, %). Разными латинскими буквами обозначены достоверные отличия средних значений между зонами экотонного комплекса.

Note. * The average values and the error of the average for all transects are given (in the numerator — occurrence, %; in the denominator — projective coverage, %). Superscript indicates the differences in the average values between different ecotone zones.

же на вырубке по сравнению с лесом. Оляха серая *Alnus incana* (L.) Moench. на пробных площадях встречалась единично, оценить ее реакцию на рубку древостоя не удалось.

Для подроста большинства древесных пород характерен резкий переход от низких значений густоты под пологом леса (зоны Л и КЛ) к высоким значениям на вырубке (зоны КВ и В). Зона КЛ по количеству подроста не отличается от зоны Л. По количеству подроста и подлеска выделяется зона КВ, отличающаяся и от лесной части трансекты и от зоны В.

Протяженность переходной зоны

В настоящей работе мы приняли протяженность переходных зон равной 8 м, т.к. ранее в исследованиях ЭК ельников черничных при такой протяженности зон КЛ и КВ характеристики напочвенного покрова и подроста древесных растений достоверно отличались от характеристик в зонах Л и В. Для сосняков черничных мы аналогичным образом, используя данные по обилию и высоте лесных кустарничков — доминантов напочвенного покрова и по количеству подроста, провели дисперсионный анализ различий между

зонами при разной протяженности переходных зон (от 3 до 12 м). В среднем по параметрам подроста и подлеска протяженность переходных зон составляет примерно 6 м. Причем изменения касаются преимущественно переходной зоны со стороны вырубки (КВ). Начиная с 6 м от границы двух растительных сообществ, на вырубке 12–15-летней давности формируется полог из подроста разных древесных пород.

По величинам проективного покрытия и максимальной высоты кустарничков протяженность переходных зон КЛ и КВ, отличающихся от зон Л и В, составляет от 4 до 7 м. В основном, отмечались различия между зоной Л и другими зонами ЭК, в частности КЛ. Учитывая, что исследовались трансекты южной экспозиции, т.е. в дневное время солнце светит со стороны вырубки и освещает стену леса, можно предположить, что основным фактором изменения обилия черники и брусники является увеличение освещенности. Наши исследования микроклиматических особенностей ЭК ельника черничного и 10-летней вырубки показали, что на участках южной экспозиции высокие значения освещенности в ясную безоблачную погоду отмечались на вырубке и на расстоянии до 6–8 м вглубь леса [6].

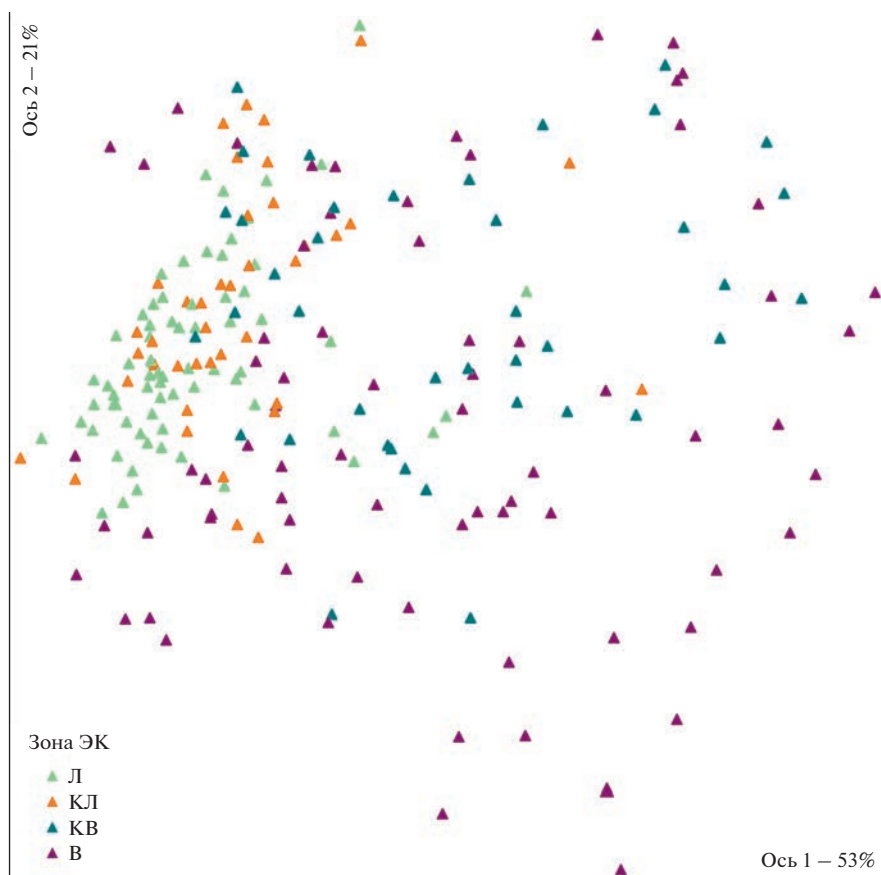


Рис. 4. Ординационная диаграмма учетных площадок по данным проективного покрытия видов травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов.

Fig. 4. Ordination diagram of sample plots according to the projective cover of the species composing herb-dwarf-shrub and moss-lichen layers.

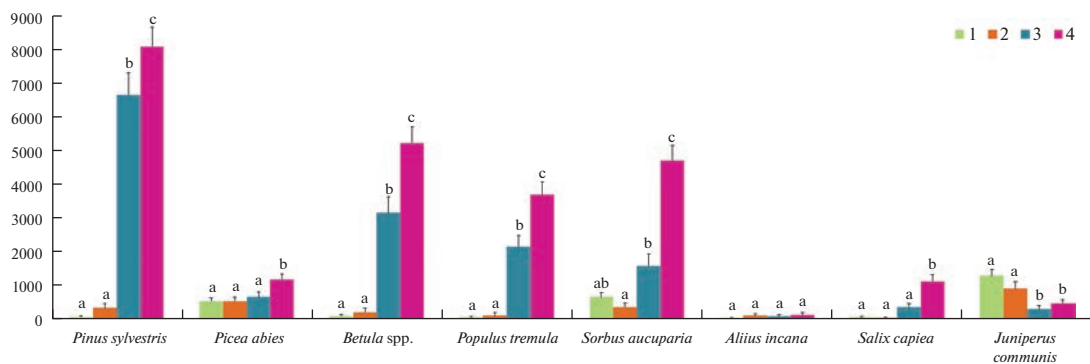


Рис. 5. Среднее количество подроста и подлеска в разных зонах экотонного комплекса, экз./га.

1 — зона Л, 2 — зона КЛ, 3 — зона КВ, 4 — зона В. Разными латинскими буквами обозначены величины, достоверно различающиеся по зонам ЭК для каждой породы.

Fig. 5. Average number of woody regeneration and understory in the different ecotone zones, ind./ha.

1 — zone F, 2 — zone FE, 3 — zone CE, 4 — zone C. Different letters indicate values of significant difference in the projective cover of each species by ecotone zones.

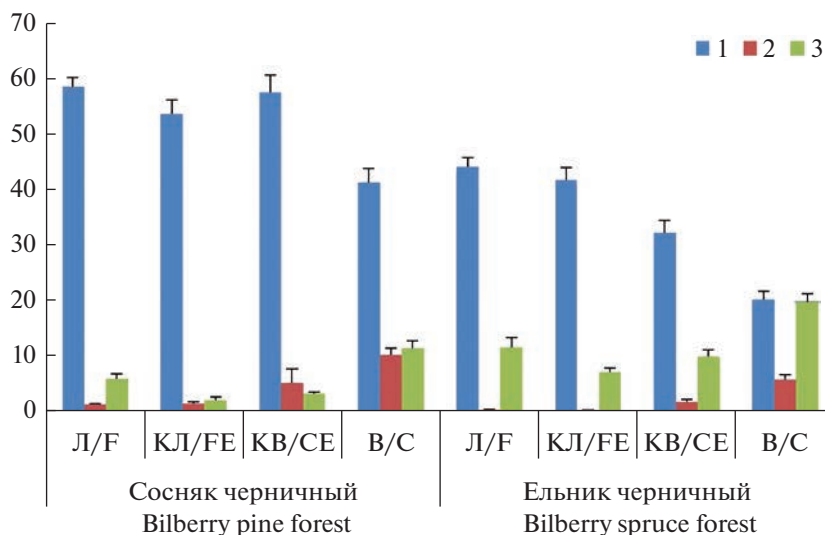


Рис. 6. Проективное покрытие групп растений в составе травяно-кустарничкового яруса в экотонных комплексах разных типов леса. Показаны средние значения и стандартные ошибки средних. 1 — кустарнички, 2 — злаки, 3 — разнотравье.

По вертикали — проективное покрытие, %.

Fig. 6. Projective cover of the species groups composing herb-dwarf shrub layer in the ecotones of different forest types. Mean values and standard errors are given. 1 — dwarf shrubs, 2 — grasses, 3 — forbs.

Y-axis — projective cover, %.

Влияние подроста и подлеска на напочвенный покров

Для выявления влияния подроста древесных пород и подлеска на параметры напочвенного покрова применялся дисперсионный анализ отдельно для лесной части трансект и для вырубке. В качестве фактора принимались градации количества древесного подроста и подлеска: отсутствие подроста и подлеска, 1–2 шт./м², 3–4 шт./м², 5 и более шт./м². Более высокое количество видов сосудистых растений и в лесу, и на вырубке, отмечено на учетных площадках с наличием подроста и подлеска ($p = 0.007$ и 0.017 соответственно). Причем в лесу это подрост хвойных пород, а на вырубке — подрост лиственных пород. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса на вырубке характеризуется более низкими значениями на учетных площадках без хвойного подроста по сравнению с площадками, где был представлен подрост хвойных ($p = 0.004$). И, напротив, покрытие травяно-кустарничкового яруса было тем ниже, чем больше было количество рябины ($p = 0.047$). Обилие кустарничков на вырубке положительно связано с количеством подроста сосны ($p = 0.048$), а проективное покрытие видов разнотравья — с количеством подроста лиственных видов ($p = 0.039$).

Сравнение ЭК в условиях ельников черничных и сосняков черничных

Для сравнения с экотонем сосняка черничного и 12–15-летней вырубке был выбран экотон

ельника черничного и 10-летней луговиковой вырубке, на которой отмечалось формирование полога подроста из березы, ели европейской и рябины. Береза, так же, как в условиях сосняков черничных, была мало представлена в зонах Л и КЛ, а в зонах КВ и В ее количество резко возрастало. В условиях ельников черничных переходные зоны (КЛ и КВ) были наиболее благоприятны для возобновления и роста ели. Количество елового подроста в зонах КЛ и КВ было выше, чем в зонах Л и В. Подрост ели в условиях сосняков черничных в целом был мало представлен, но его максимальное количество было отмечено в зоне В. Рябина в ЭК как ельника, так и сосняка преобладала в зоне В, редко встречаясь под пологом леса.

Среднее количество видов сосудистых растений на учетной площадке достоверно выше в зонах КВ и В по сравнению с зонами Л и КЛ вне зависимости от преобладающей древесной породы. Проективное покрытие и высота побегов черники снижается от зоны Л к зоне В сходным образом в условиях разных типов леса (табл. 5). Высота побегов брусники в условиях сосняка черничного при переходе от леса к вырубке меняется не так резко, как в условиях ельника черничного, однако тенденция уменьшения этих показателей отмечается в обоих типах леса.

Различия доли участия кустарничков, злаков и разнотравья в сложении травяно-кустарничкового яруса в разных зонах ЭК более ярко и контрастно проявляются в условиях ельников черничных, при этом общая направленность изменений примерно одинакова в обоих типах леса (рис. 6).

Таблица 5. Изменение характеристик доминантных видов лесных кустарничков в зонах экотонного комплекса относительно исходного лесного сообщества (зона Л)**Table 5.** Changes in the characteristics of dominant forest dwarf shrub species in the zones of the ecotone complex relative to the original forest community (zone L)

Характеристики Characteristics	Сосняк черничный Bilberry pine forest				Ельник черничный Bilberry spruce forest			
	Зоны экотонного комплекса Ecotone zones				Зоны экотонного комплекса Ecotone zones			
	Л F	КЛ FE	КЛ CE	В C	Л F	КЛ FE	КЛ CE	В C
Проективное покрытие <i>Vaccinium myrtillus</i> Projective cover of <i>Vaccinium myrtillus</i>	1.0 ^a	0.80 ^b	0.40 ^c	0.39 ^c	1.0 ^a	0.74 ^b	0.63 ^b	0.30 ^c
Максимальная высота побегов <i>Vaccinium myrtillus</i> Maximum height of <i>Vaccinium myrtillus</i> shoots	1.0 ^a	0.82 ^b	0.80 ^b	0.76 ^b	1.0 ^a	0.82 ^b	0.71 ^c	0.69 ^c
Проективное покрытие <i>Vaccinium vitis-idaea</i> Projective cover of <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1.0 ^a	1.11 ^a	0.85 ^{ab}	0.65 ^b	1.0 ^a	1.15 ^a	0.67 ^b	0.60 ^b
Максимальная высота побегов <i>Vaccinium vitis-idaea</i> Maximum height of <i>Vaccinium vitis-idaea</i> shoots	1.0 ^a	0.89 ^b	0.84 ^b	0.90 ^b	1.0 ^a	0.77 ^b	0.59 ^c	0.66 ^c

Примечание. Разными латинскими буквами обозначены величины, достоверно различающиеся по результатам однофакторного дисперсионного анализа в разных зонах экотонного комплекса.

Note. Superscript indicates the differences in the average values in the different ecotone zones (one-way ANOVA).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Напочвенный покров

После рубки части древостоя сосняка черничного формируется экотонный комплекс, представляющий собой переход от незатронутого рубкой исходного леса к нарушенному участку. Параметры растительного сообщества этой переходной зоны отличаются как от параметров исходного лесного сообщества, так и от сообщества, возникшего на вырубке. Эти отличия сохраняются и после формирования на вырубке полога подроста древесных растений. Наиболее заметны изменения в видовом составе травяно-кустарничкового яруса, разнообразие которого возрастает после рубки древостоя, что отмечено и в работах других исследователей [9, 10]. Согласно результатам нашей работы, несмотря на большее разнообразие видов сосудистых растений на вырубке сосняка черничного, структура напочвенного покрова, в целом, меняется слабо. В разных зонах ЭК наблюдается сходный состав преобладающих видов, число которых составляет примерно 5–6. Предположительно, это связано с тем, что после рубки сосняка черничного условия местообитания (освещенность, почвенные условия) меняются не так сильно, как в ельниках черничных, и,

следовательно, доминанты напочвенного покрова остаются прежними.

В работе по изучению изменения структуры напочвенного покрова после рубки в сосняках брусничных и черничных южной тайги было показано, что в период от 2 до 6 лет после рубки видовой состав напочвенного покрова и набор доминирующих видов практически не изменились [11]. Мы предполагаем, что чем более контрастными являются условия местообитания в смежных сообществах ЭК, тем более заметные различия можно ожидать в структуре их напочвенного покрова. Сообщества ЭК сосняка черничного менее контрастны по сравнению с сообществами ЭК ельника черничного не только вследствие бедности почв, а также, вероятно, из-за более слабой средообразующей способности сосны (ажурная крона, способствующая более равномерным условиям освещенности и распределения осадков; стержневая корневая система и т.п.). Это отражается в меньшем видовом разнообразии напочвенного покрова, и возобновлении преимущественно сосной и, в меньшей степени, березой. Наши исследования состава и обилия видов напочвенного покрова в растительных сообществах разного возраста на автоморфных

почвах показали, что наиболее заметные изменения после рубки происходят в условиях ельников черничных [12]. То есть в целом смежные сообщества (лес и вырубка) в условиях сосняка черничного в меньшей степени отличаются друг от друга, чем в условиях ельника черничного. В условиях сосняка черничного можно ожидать менее выраженных различий параметров напочвенного покрова и подроста в разных зонах ЭК по сравнению с еловыми лесами.

После рубки древостоя основным и самым резким изменением экологических условий для растений является многократное увеличение освещенности [13], что в первые годы сказывается на видах всех ярусов растительного сообщества. Из-за изменения микроклиматических условий наблюдается резкое снижение покрытия зеленых мхов [14], уменьшение обилия черники на открытых участках вырубки [15]. На исследованных нами рубках наблюдалось уменьшение проективного покрытия и высоты как черники, так и брусники. Это можно объяснить, во-первых, наблюдаемым в первые годы после рубки уменьшением обилия и средней высоты этих кустарничков [6, 16], во-вторых, конкуренцией со стороны вереска, злаков и разнотравья, обилие которых после рубки увеличилось, и, в-третьих, повышением количества листового опада в куртинах древесного подроста, состоящего, кроме сосны, из березы и осины. Кроме того, отмечалось резкое уменьшение плодоношения черники на рубке по сравнению с лесом (более, чем в десять раз), причем проективное покрытие вида уменьшилось всего в 2.5 раза. На учетных площадках в куртинах древесного подроста черника не плодоносила, несмотря на довольно высокое проективное покрытие (табл. 3).

Изменение условий произрастания после рубки древостоя угнетает одни виды растений и способствует появлению или увеличению обилия других видов. В условиях ельников черничных в первые годы после рубки в напочвенном покрове доминируют лесные злаки: луговик извилистый и вейники лесной и тростниковидный [12, 17]. На рубках из-под сосняков черничных в зависимости от условий увлажнения и почвенного богатства могут формироваться четыре растительные ассоциации (вересковая, черничная, луговая и вейниковая) [18]. Наше исследование проводилось на относительно бедных рубках вересковой и черничной ассоциаций, что также определило сходную с лесом структуру напочвенного покрова.

Подрост и подлесок

Видовой состав и густота подроста древесных растений на рубке определяются типом лесорастительных условий и наличием источников

обсеменения [19, 20]. Наиболее успешно на исследованных нами рубках возобновляется сосна, в меньшей степени — береза и осина. В работах по изучению влияния спелого древостоя на микроклимат, подрост и напочвенный покров на прилегающей рубке, протяженность зоны влияния примерно составляла от 5 до 20 м в зависимости от давности рубки [21–23]. Например, исследование подроста *Pseudotsuga menziesii* на рубке на разном расстоянии от края леса в Северной Америке показали, что средние значения высоты и диаметра подроста достоверно ниже на расстоянии 20 м от границы с исходным древостоем высотой 45 м [24]. Ранее в наших исследованиях ЭК ельников черничных протяженность зоны влияния спелого леса на микроклиматические условия и параметры растительного сообщества на прилегающей части рубки составляла примерно 8 м, что примерно равнялось половине средней высоты деревьев [4, 6]. Влияние спелого сосняка черничного проявилось на расстоянии 6–8 м при средней высоте древостоя в 23–25 м. Учитывая, что условия освещенности в сосняке с редким подростом и подлеском, предположительно, не сильно отличаются от таковых на прилегающей рубке, можно предположить, что меньшая протяженность переходной зоны со стороны рубки связана с особенностями строения кроны и корневых систем сосны.

Влияние подроста и подлеска на напочвенный покров

Влияние куртин подроста на растения нижних ярусов на рубке является благоприятным в отношении сохранения в них лесной среды или неблагоприятным, если подрост имеет высокую густоту и затеняет и/или заглушает напочвенный покров большим количеством опада [25–28]. Важным фактором, влияющим на изменения в травяно-кустарничковом ярусе под древесным пологом, кроме освещенности, являются почвенные условия, в частности кислотность верхних горизонтов почв и толщина лесной подстилки [29]. В куртинах хвойного подроста и группах деревьев лиственных пород почвенные условия значительно различаются [30]. При большем участии лиственных пород по сравнению с хвойными отмечается большая доступность почвенных элементов питания для растений нижних ярусов, что, в свою очередь, способствует увеличению видового разнообразия и обилия травянистых растений [31]. Вероятно, выявленная нами положительная взаимосвязь хвойного подроста и лесных кустарничков, листового подроста и видов разнотравья объясняется различиями почвенных условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

По результатам исследования, проведенного в Кондопожском районе Республики Карелия установлено, что на границе участков сплошной и чересполосной рубок сосняков черничных и сохраненной части лесного массива образуется экотонный комплекс, имеющий следующую структуру: лес (Л), переходная зона от леса к вырубке под пологом древостоя (край леса — КЛ), переходная зона от леса к вырубке, лишенная древесного яруса (край вырубки — КВ) и собственно вырубка (В). Все четыре зоны достаточно четко различаются по комплексу характеристик напочвенного покрова, а также видовой структуре подроста и подлеска.

Изученные сообщества сосняков черничных (зона Л) отличаются низким количеством подроста сосны, ели, березы, осины и рябины. Обилие черники и брусники в этой зоне ЭК, напротив, максимально, также как высота и активность плодоношения черники. Зона КЛ по количеству подроста практически не отличается от зоны Л. В то же время проективное покрытие, максимальная высота побегов, активность плодоношения черники и максимальная высота побегов

брусники в зоне КЛ достоверно ниже по сравнению с зоной Л.

Переходная зона со стороны вырубки (КВ) и открытая вырубка (В) резко отличаются от лесной части ЭК большим количеством подроста лиственных пород и сосны и низкими обилием лесных кустарничков. Вырубка (В) отличается от зоны КВ большим обилием злаков и разнотравья. Главной характеристикой зоны В является сформированный полог из подроста сосны, березы и осины.

По результатам наших исследований в условиях сосняков черничных различия на границе спелого леса и вырубки менее выражены по сравнению с ельником черничным, что может быть связано с бедностью почвенных условий и меньшей средообразующей способностью сосны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила заготовки древесины и особенности заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации*: Утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.12.2020 № 993.
<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012180025>
2. Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. — Ecol. Process. 8: 47.
<https://doi.org/10.1186/s13717-019-0198-0>
3. Martínez Pastur G.J., Vanha-Majamaa I., Franklin J.F. 2020. Ecological perspectives on variable retention forestry. — Ecol. Process. 9: 12.
<https://doi.org/10.1186/s13717-020-0215-3>
4. Геникова Н.В., Харитонов В.А., Пеккоев А.Н., Карпечко А.Ю., Кикеева А.В., Крышень А.М., Обабко Р.П. 2020. Особенности структуры сообществ экотонного комплекса ельник черничный—осинник злаково-разнотравный в условиях Республики Карелия. — Раст. ресурсы. 56(2): 151–164.
<https://doi.org/10.31857/S0033994620020053>
5. Genikova N.V., Mamontov V.N., Kryshen A.M., Kharitonov V.A., Moshnikov S.A., Toropova E.V. 2021. Natural regeneration of the tree stand in the bilberry spruce forest—clear-cutting ecotone complex in the first post-logging decade. — Forests. 12(11): 1542.
<https://doi.org/10.3390/f12111542>
6. Геникова Н.В., Мамонтов В.Н., Крышень А.М. 2021. Обилие лесных кустарничков и микроклиматические условия в экотонном комплексе “ельник черничный—вырубка” — Раст. ресурсы. 57(2): 99–114.
<https://doi.org/10.31857/S0033994621020059>
7. *Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР*. 1989. Л. 64 с.
8. *Архив погоды*. <https://rp5.ru>. Дата обращения: 22.09.2022.
9. Tonteri T. 1994. Species richness of boreal understorey forest vegetation in relation to site type and successional factors. — Ann. Zoo. Fennici. 31(1): 53–60.
<http://www.sekj.org/PDF/anzf31/anz31-053-060.pdf>
10. Widenfalk O., Weslien J. 2009. Plant species richness in managed boreal forests — Effects of stand succession and thinning. — For. Ecol. Manag. 257(5): 1386–1394.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.010>
11. Marozas V., Grigaitis V., Brazaitis G. 2005. Edge effect on ground vegetation in clear-cut edges of pine-dominated forests. — Scand. J. For. Res. 20(6): 43–48.
<https://doi.org/10.1080/14004080510040986>

12. Крышень А.М., Геникова Н.В., Преснухин Ю.В. 2021. Ряды восстановления ельников черничных Восточной Фенноскандии. — Бот. журн. 106(2): 107–125.
<https://doi.org/10.31857/S0006813621020071>
13. Уланова Н.Г. 2004. Сравнительный анализ динамики растительности разновозрастного ельника-кисличника, массового ветровала и сплошной вырубке в том же типе леса. — Бюл. МОИП. Отд. биол. 109(6): 64–72.
http://herba.msu.ru/russian/journals/bmsn/archive/moip_2004_109_6.djvu
14. Fenton N.J., Frego K.A., Sims M.R. 2003. Changes in forest floor bryophyte (moss and liverwort) communities 4 years after forest harvest. — Canad. J. Bot. 81(7): 714–731.
<https://doi.org/10.1139/b03-063>
15. Berstedt J., Milberg P. 2001. The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forests. — For. Ecol. Manag. 154(1–2): 105–115.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00642-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00642-3)
16. Altegrim O., Sjöberg K. 1996. Response of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) to clear-cutting and single-tree selection harvests in uneven-aged boreal *Picea abies* forests. — For. Ecol. Manag. 86(1–3): 39–50.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03794-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03794-2)
17. Стальская П.В. 1959. О взаимоотношениях луговика извилистого с его спутниками на луговиковых вырубках разных лет. — В сб.: Основы типологии рубок и ее значение в лесном хозяйстве. Архангельск. С. 34–51.
18. Крышень А.М., Геникова Н.В., Гнатюк Е.П., Преснухин Ю.В., Ткаченко Ю.Н. 2018. Ряды восстановления сосняков Восточной Фенноскандии на песчаных автоморфных почвах. — Бот. журн. 103(1): 5–35.
<https://doi.org/10.1134/S0006813618010015>
19. Соколов А.И. 2006. Лесовосстановление на вырубках Северо-Запада России. Петрозаводск. 215 с.
20. Беляева Н.В., Грязькин А.В. 2015. Закономерности появления подроста ели после сплошных рубок в зависимости от состава материнского древостоя. — Актуальные проблемы лесного комплекса. 41: 3–7.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=23366039>
21. Nelson C.R., Halpern C.B. 2005. Edge-related responses of understory plants to aggregated retention harvest in the Pacific North West. — Ecol. Appl. 15(1): 196–209.
<https://doi.org/10.1890/03-6002>
22. Harper K.A., Macdonald S.E., Mayerhofer M.S., Biswas S.R., Esseen P.-A., Hylander K., Stewart K. J., Mallik A.U., Drapeau P., Jonsson B.-G., Lesieur D., Kouki J., Bergeron Y. 2015. Edge influence on vegetation at natural and anthropogenic edges of boreal forests in Canada and Fennoscandia. — J. Ecol. 103(3): 550–562.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12398>
23. Harper K.A., Drapeau P., Lesieur D., Bergeron Y. 2016. Negligible structural development and edge influence on the understorey at 16–17-yr-old clear-cut edges in black spruce forest. — Appl. Veg. Sci. 19(3): 462–473.
<https://doi.org/10.1111/avsc.12226>
24. Hansen A.J., Garman S.L., Lee P., Horvath E. 1993. Do edge effects influence tree growth rates in Douglas-fir plantations? — Northwest Sci. 67(2): 112–116.
25. Лиханова Н.В. 2012. Изменение биоразнообразия и массы растений напочвенного покрова ельников средней тайги после сплошнолесосечной рубки. — Изв. СамНЦ РАН. 14(1(5)): 1309–1312.
http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_1309_1312.pdf
26. Гончарова И.А., Собачкин Р.С. 2015. Структура напочвенного покрова в разнотототных культурах ели сибирской. — Экология. 4: 249–256.
<https://doi.org/10.7868/S0367059715040095>
27. Сунгурова Н.Р. 2015. Напочвенный покров в культурах сосны и ели, произрастающих в различных лесорастительных условиях. — Вестник КрасГАУ. 4: 153–156.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=23676300>
28. Татарников Д.В. 2018. Динамика живого напочвенного покрова после рубки сомкнутого подроста ели под пологом двух южнотажных березняков. — Хвойные бореальной зоны. 36(3): 238–242.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=36643079>
29. Mölder A., Bernhardt-Römermann M., Schmidt W. 2008. Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? — For. Ecol. Manag. 256: 272–281.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.012>
30. Chávez V., Macdonald S.E. 2010. The influence of canopy patch mosaics on understory plant community composition in boreal mixedwood forest. — For. Eco. Manag. 259(6): 1067–1075.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.013>
31. Bartels S.F., Chen H.Y.H. 2013. Interactions between overstorey and understorey vegetation along an overstorey compositional gradient. — J. Veg. Sci. 24(3): 543–552.
<https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01479.x>

Structure of the Ground Vegetation and Natural Regeneration of Tree Species in a 12–15-Year-Old Bilberry Pine Forest–Clear-Cut Ecotone Complex in the Middle Taiga Subzone

N. V. Genikova^a, *, S. A. Moshnikov^a, D. V. Teslya^a

^aForest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

*e-mail: genikova@krc.karelia.ru

Abstract—Logging in mature stands, where part of the forest is harvested in one or several cuts and part is retained (clear-cutting and alternate strip cutting) results in the formation of an ecotone complex: forest (F), transition from forest to clear-cut under the canopy (forest edge – FE), transition from forest to clear-cut outside of the canopy (clear-cut edge – CE), and the clear-cut itself (C). Strips 8 m wide on each side of the mature forest/clear-cut site border form the transitional zone. We studied the ground vegetation composition and structure, and the natural regeneration of woody species (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) H. Karst., *Betula* sp., *Populus tremula* L., *Sorbus aucuparia* L., *Juniperus communis* L.) in the bilberry pine forest – clear-cut ecotone complex 12–15 years after the stand removal. The studies demonstrate that each of the four zones of the ecotone complex formed after logging of the mature forest has its own structural features of ground vegetation and undergrowth (including tree regeneration). The typical forest (F) habitat is characterized by the minimum number of young regeneration of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula* sp., *Populus tremula*, and *Sorbus aucuparia* and, on the contrary, by the highest abundance of lingonberry *V. vitis-idaea* L. and bilberry *Vaccinium myrtillus* L., and the maximum height of bilberry plants and their yield. The amount of tree regeneration in the FE is almost the same as in the F zone. The projective cover, maximum shoot height and yield of bilberry, and maximum shoot height of lingonberry in the FE zone are reliably lower than in the F zone. The transitional zone on the clear-cut side (CE) and the clear-cut itself (C) are distinguished from the forest sections of the ecotone complex (F and FE zones) by a greater number of deciduous and pine regeneration and the low abundance of dwarf shrubs. The clear-cut itself (C) differs from the CE by the higher abundance of grasses and forbs and an established tree regeneration layer composed of pine, birch, and aspen.

Keywords: ecotone complex, bilberry pine forest, clear-cut site, edge effect, ground cover, tree regeneration, understory

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded by the Federal budget as part of the state research assignment to the KarRC RAS (Forest Research Institute of the KarRC RAS).

REFERENCES

1. [Regulations for wood harvesting and details of wood harvesting at wood farms, as stated in the Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation]. 2020. № 993. P. 53.
<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012180025> (In Russian)
2. Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. — Ecol. Process. 8: 47.
<https://doi.org/10.1186/s13717-019-0198-0>
3. Martínez Pastur G.J., Vanha-Majamaa I., Franklin J.F. 2020. Ecological perspectives on variable retention forestry. — Ecol. Process. 9: 12.
<https://doi.org/10.1186/s13717-020-0215-3>
4. Genikova N.V., Kharitonov V.A., Pekkoiev A.N., Karpechko A.Yu., Kikeeva A.V., Kryshen A.M., Obabko R.P. 2020. Structure of bilberry spruce–grass-forbs aspen forest ecotone communities in the Republic of Karelia. — Rastitelnye resursy. 56(2): 151–164.
<https://doi.org/10.31857/S0033994620020053> (In Russian)
5. Genikova N.V., Mamontov V.N., Kryshen A.M., Kharitonov V.A., Moshnikov S.A., Toropova E.V. 2021. Natural regeneration of the tree stand in the bilberry spruce forest–clear-cutting ecotone complex in the first post-logging decade. — Forests. 12(11): 1542.
<https://doi.org/10.3390/f12111542>
6. Genikova N.V., Mamontov V.N., Kryshen A.M. 2021. Abundance of forest dwarf shrubs and microclimatic conditions in the bilberry spruce forest–clear-cut ecotone. — Rastitelnye resursy. 57(2): 99–114.
<https://doi.org/10.31857/S0033994621020059> (In Russian)

7. [Geobotanical zoning of the Non-Chernozem region of the European part of the Russian Soviet Federative Socialist Republic]. 1989. Leningrad. 64 p. (In Russian)
8. *Weather* archive. <https://rp5.ru>. (Accessed: 22.09.2022)
9. *Tonteri T.* 1994. Species richness of boreal understorey forest vegetation in relation to site type and successional factors. — *Ann. Zoo. Fennici*. 31(1): 53–60.
<http://www.sekj.org/PDF/anzf31/anz31-053-060.pdf>
10. *Widenfalk O., Weslien J.* 2009. Plant species richness in managed boreal forests — Effects of stand succession and thinning. — *For. Ecol. Manag.* 257(5): 1386–1394.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.010>
11. *Marozas V., Grigaitis V., Brazaitis G.* 2005. Edge effect on ground vegetation in clear-cut edges of pine-dominated forests. — *Scand. J. For. Res.* 20(6): 43–48.
<https://doi.org/10.1080/14004080510040986>
12. *Kryshen A.M., Genikova N.V., Presnukhin Yu.V.* 2021. Reforestation series of bilberry spruce forests in Eastern Fennoscandia. — *Botanicheskii zhurnal*. 106(2): 107–125.
<https://doi.org/10.31857/S0006813621020071> (In Russian)
13. *Ulanova N.G.* 2004. Comparative analysis of vegetation dynamics in uneven-aged spruce oxalis-type forest, catastrophic windthrow and clear-cutting areas in the same forest type. — *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 109(6): 64–72.
http://herba.msu.ru/russian/journals/bmsn/archive/moip_2004_109_6.djvu (In Russian)
14. *Fenton N.J., Frege K.A., Sims M.R.* 2003. Changes in forest floor bryophyte (moss and liverwort) communities 4 years after forest harvest. — *Canad. J. Bot.* 81(7): 714–731.
<https://doi.org/10.1139/b03-063>
15. *Berstedt J., Milberg P.* 2001. The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forests. — *For. Ecol. Manag.* 154(1–2): 105–115.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00642-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00642-3)
16. *Altegrim O., Sjöberg K.* 1996. Response of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) to clear-cutting and single-tree selection harvests in uneven-aged boreal *Picea abies* forests. — *For. Ecol. Manag.* 86(1–3): 39–50.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03794-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03794-2)
17. *Stalskaya P.V.* 1959. [On the interaction of *Avenella flexuosa* with its satellites in the wavy hair-grass clear-cuts of different age]. — In: [Principles of clear-cuts typology and its importance for the forest management]. Arkhangelsk. P. 110–115. (In Russian)
18. *Kryshen A.M., Genikova N.V., Gnatiuk E.P., Presnukhin Yu.V., Tkachenko Yu.N.* 2018. Reforestation series of pine forest communities in Eastern Fennoscandia on sandy automorphic soils. — *Botanicheskii zhurnal*. 103(1): 5–35.
<https://doi.org/10.1134/S0006813618010015> (In Russian)
19. *Sokolov A.I.* 2006. [Reforestation on the clear-cuts of the North-West of Russia]. Petrozavodsk. 215 p.
20. *Beliaeva N.V., Gryazkin A.V.* 2015. [Patterns of spruce undergrowth emergence after clear cutting, depending on the mother-tree stand composition]. — *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 41: 3–7.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=23366039>
21. *Nelson C.R., Halpern C.B.* 2005. Edge-related responses of understory plants to aggregated retention harvest in the Pacific North West. — *Ecol. Appl.* 15(1): 196–209.
<https://doi.org/10.1890/03-6002>
22. *Harper K.A., Macdonald S.E., Mayerhofer M.S., Biswas S.R., Esseen P.-A., Hylander K., Stewart K.J., Mallik A.U., Drapeau P., Jonsson B.-G., Lesieur D., Kouki J., Bergeron Y.* 2015. Edge influence on vegetation at natural and anthropogenic edges of boreal forests in Canada and Fennoscandia. — *J. Ecol.* 103(3): 550–562.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12398>
23. *Harper K.A., Drapeau P., Lesieur D., Bergeron Y.* 2016. Negligible structural development and edge influence on the understorey at 16–17-yr-old clear-cut edges in black spruce forest. — *Appl. Veg. Sci.* 19(3): 462–473.
<https://doi.org/10.1111/avsc.12226>
24. *Hansen A.J., Garman S.L., Lee P., Horvath E.* 1993. Do edge effects influence tree growth rates in Douglas-fir plantations? — *Northwest Sci.* 67(2): 112–116.
25. *Likhanova N.V.* 2012. Biodiversity and biomass changes of ground cover plants on clear felling sites of spruce forests in the middle taiga. — *Izvestia of Samara Scientific Center RAS*. 14(1(5)): 1309–1312.
http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_1309_1312.pdf
26. *Goncharova I.A., Sobachkin R.S.* 2015. Structure of ground vegetation in Siberian spruce cultures planted with different densities. — *Russian Journal of Ecology*. 46(4): 309–316.
<https://doi.org/10.1134/S1067413615040098>

27. *Sungurova N.R.* 2015. The ground cover in cultures of pine and spruce growing in different forest-growth conditions. — Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 4: 153–156.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=23676300> (In Russian)
28. *Tatarnikov D.V.* 2018. The changing of the herb layers of two southern taiga birch forests after the cutting of the densitive layer of spruce young growth. — Conifers of the Boreal Area. 36(3): 238–242.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=36643079>
29. *Mölder A., Bernhardt-Römermann M., Schmidt W.* 2008. Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? — For. Ecol. Manag. 256(3): 272–281.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.012>
30. *Chávez V., Macdonald S.E.* 2010. The influence of canopy patch mosaics on understory plant community composition in boreal mixedwood forest. — For. Eco. Manag. 259(6): 1067–1075.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.013>
31. *Bartels S.F., Chen H.Y.H.* 2013. Interactions between overstorey and understorey vegetation along an overstorey compositional gradient. — J. Veg. Sci. 24(3): 543–552.
<https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01479.x>